Pz 260 C3 (2e ex)

ISBN 2-85653-026-5

MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE

Série C, Sciences de la Terre

TOME XXXIX

H. TERMIER, G. TERMIER, et M. PINET

LE MASSIF GRANITO-DIORITIQUE DU TICHKA (HAUT ATLAS OCCIDENTAL, MAROC) CONTRIBUTION Á L'ÉTUDE DE LA MINÉRALISATION

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (V^e^)

1977

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

Pr 260 c3

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C, Sciences de la Terre, Tome XXXIX

LE MASSIF GRANITO-DIORITIQUE DU TICHKA (HAUT ATLAS OCCIDENTAL, MAROC) CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA MINÉRALISATION

par

Henri TERMIER *, Geneviève TERMIER **, et Michèle PINET ***

SOMMAIRE

PRÉFACE 5

AVANT-PROPOS 7

INTRODUCTION 8
Rappel de quelques formules 10
Succession des événements géologiques survenus dans le massif et autour de lui 11
Roches métamorphiques dérivées des calcaires (et dolomies) : grenatites, parapyroxénites, skarns et skarnoïdes 12

BLED IFOUZARENE 14

BLEDS AÏT TAMENT ET AÏT YOUSF 14

BLED IGOUDACHENE 14

BLED IDA OU KAÏS 15

BLEDS AGOUNSANE ET IMEDLAOUNE 17
Rive droite de l'oued Imedlaoune : Alekjane, Zaouia Taouort, Taourirt Lemdine, Assaoul Seghir, Tizi Ouguersioud 17
Tamguerd n'Isli (Figri haut) : coupe générale, types de roches, étude des chantiers (galerie 1, galerie 2, galerie 3, galerie 4, galerie 5, galerie 6, galerie 7, galerie 8). Répartition des minerais dans le gîte de Tamguerd n'Isli (Tableau 1) 18

* Professeur honoraire aux Facultés des Sciences de Paris et d'Alger, ancien Chef du Service Géologique du Maroc.
** Docteur ès sciences, Maître de recherche au CNRS.
*** Maître Assistant au Laboratoire de Minéralogie du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

Source : MNHN, Paris

La mine de Figri (Figri bas) : Types de roches, étude des chantiers (galerie 1, galerie 2, galerie 3, galerie 4, galerie 5, galerie 6, galerie 7, galerie 8). Répartition des minerais dans le gîte de Figri. Conclusions 30

Rive gauche de l'oued Imedlaoune : *Iskimoula* (Amercheh-Taferouta). Échantillons prélevés en dehors des chantiers (en général, berges de Irhzer Targouine), Bandes SW de grenatites, flanc W d'Iskimoula, flanc Nord du 2e sommet, SE du sommet, 190, 1-417,1. *Étude des chantiers* : ch. 1, ch. 2, ch. 3, ch. 4, ch. 5, ch. 6, ch. 7, ch. 8, ch. 9 ; conclusion partielle ; ch. 10, ch. 11, ch. 12, ch. 13, ch. 14, ch. 25 ; conclusion partielle ; ch. 15, ch. 16, ch. 17 ch. 18, ch. 19, ch. 20, ch. 21, ch. 22, ch. 23, ch. 24, ch. 26 ; conclusion partielle. Répartition des minerais dans les skarns d'Iskimoula. Interprétation de l'ensemble d'Iskimoula. Comparaisons. 41

LE PLATEAU DU TICHKA PROPREMENT DIT ET SES ABORDS 80

La série des cols accédant au plateau : Tizi n'Targs, Touchka Imdlaoune, Imaradene et Azmou n'Tarhert, Tizi n'Ousdim — Tizi n'Irhes, Tizi n'Tazoult, Tizi n'Agourzi (2 994 m), Iggi Ouanjegjioune, Tizi n'Tissel, Tircht n'Tamteguest 80

Région du J. Amendecb — Tizi n'Tirguint — Talet Grisafene 81

LE BLED IDA OU MSATTOG 83

Toug el Kbeir, Tazlida-Aouriren, J. Tafoudert, Asrir, Afa Naeraf 83

LA PARTIE NE DU MASSIF DU TICHKA 87

Le point de vue géologique. Région comprise entre Irhzer Tiskraft et Irhzer Tiouialine : *Mine d'Ikissane* : filons et veines de quartz, roches grenatifères. Les roches et la minéralisation .. 87

LA VALLÉE DE L'OUED AGHBAR (NFIS) 96

Le problème métallogénique de cette vallée. Gîtes : Agadir Nomarsene, Irhzer Anamrou, Ougoug Negueded, Talet n'Tissert, Irhzer Tiouialine, Azilal Oufifen, Azilal Maoues, Azilel Gdid, Telet Lekoubrit et Talet Injokbra, Talet Iguerniane, Talet Tmeda, *J. Afadad*, *Agadir n'Maine*, Amsioui, Talet n'Ourguelt 96

LA BORDURE EST DU MASSIF : TAMAYOUST, TIZI N'ISRAQUEN 112

Région d'Alebdi : Alehdi, Agourzi-Oukilal, lieux voisins (Taourart, Tirbilt n' Tacboucbt, Tigourzatine, Tizi n'Zaïkor, Tizi n'Oumenar). *Jarelna-Toumchif*, Agouns-Ouasif ; arsénopyrite aurifère de l'Ifillilis ; conclusions 116

INDICES DE MINÉRALISATION ÉPARS DANS LE TERRITOIRE PARCOURU 127

Plomb, zinc, cuivre, baryte 127

Minerai de fer : bled Ida ou Msattog, bled Ida ou Kaïs, Bled Igoudachene, Bled Agounsane, Partie N du territoire ; conclusion 128

COMPARAISONS, Azegour, Climax, Costabonne, Chateau-Lambert, Lacorne, Endako, Tyrny-Aouz, Oulmata 130

CONCLUSION GÉNÉRALE 137

INDEX DES LIEUX-DITS 139

BIBLIOGRAPHIE 141

Source : MNHN, Paris

PRÉFACE

Lorsqu'on étudie la Minéralogie, et les Sciences de la Terre en général, dans leur développement historique, on constate qu'elles ont pris naissance dans la pratique des Mines et des carrières, c'est-à-dire de tous les travaux qui fournissent les matières premières minérales utilisées ou transformées dans les industries diverses, les industries métallurgiques et chimiques en particulier.

Il est évident en effet qu'il existe une interdépendance féconde entre les connaissances théoriques de la minéralogie et de la géologie, et les techniques de la prospection et de l'exploitation des mines, et c'est plus particulièrement à une branche des sciences de la Terre nommée métallogénie que sont liées les méthodes de la recherche minière.

La Métallogénie est donc la science des gîtes métallifères et « elle se propose de rechercher les lois qui ont présidé à la répartition, à l'association ou à la séparation des éléments chimiques dans l'écorce terrestre » (De Launay 1913). Cette définition fait ressortir également les liens extrêmement étroits qui unissent la métallogénie et la géochimie, et, en fait, sans se servir du terme de géochimie, L. de Launay donne dans les premiers chapitres du grand ouvrage qu'il publia en 1913, un exposé d'ensemble sur la répartition et le mouvement des éléments chimiques dans l'écorce terrestre.

Dès cette époque, où grandissait l'essor des industries minière et métallurgique, les géologues et les minéralogistes avaient souligné l'importance des relations entre la métallogénie, la pétrogenèse et la géologie structurale ; la métallogénie comprenant essentiellement l'étude des concentrations, des dispersions d'éléments chimiques utiles, et de leurs migrations, liées aux trois grands groupes principaux de processus géologiques et géochimiques, qui sont : l'activité magnétique au sein de l'écorce terrestre, l'érosion et la sédimentation, le métamorphisme. La métallogénie bénéficie donc, dans son développement, des progrès réalisés dans les diverses branches des sciences de la Terre, et aussi, par l'intermédiaire de la géochimie, de la minéralogie et de la cristallochimie, elle profite des découvertes accomplies dans le domaine de la chimie physique.

Grâce à ces apports, les théories métallogéniques groupent et relient plus efficacement entre elles les observations faites sur le terrain au cours des prospections organisées pour la recherche des substances minérales utiles mais ce sont ces observations qui en demeurent la base fondamentale et le point de départ obligatoire.

C'est en étant pénétré de la fécondité de ces idées générales sur les conditions de développement de la métallogénie et des prospections minières que M. Henri Termier s'est consacré à l'étude de la Pétrographie et de la Métallogénie marocaine [1].

Il ne me paraît pas inopportun de rappeler ici en quelques mots les moments les plus importants de l'œuvre considérable accomplie par M. H. Termier dans ce domaine et plus généralement dans celui de nos connaissances sur la Géologie du Maroc dès 1925, époque à laquelle il fut chargé de nombreuses missions avant d'être titularisé dans l'un des deux postes de géologue du Service des Mines et de la Carte géologique de ce pays.

En 1940, ce service devint, sur son initiative, la Division des Mines et de la Géologie, comprenant un service des Mines et un service géologique. La création et l'organisation de ce dernier lui furent confiées. Il divisa ce service en quatre sections : carte géologique, hydrogéologie, gîtes minéraux, matériaux et carrières, sections qui sont conservées par l'administration marocaine.

M. H. Termier a édifié ainsi au Maroc une œuvre remarquable, connue et appréciée dans le monde entier. Il est certainement l'un des meilleurs pionniers de la géologie, de la pétrographie et de la métallogénie marocaines et il poursuit toujours activement ses recherches sur le terrain et au laboratoire avec la précieuse et fidèle collaboration de M^me^ Geneviève Termier.

(1) Cf. Pierre Despujols et Henri Termier. — Introduction à l'étude de la Métallogénie et à la prospection minière. — Notes et mémoires de la Direction des mines et de la géologie, service géologique, N° 66, Rabat 1946, 199 p.

Source : MNHN, Paris

Il ne saurait être question ici de donner un aperçu, même bref, de la richesse de cette œuvre. Mais une attention toute particulière doit être accordée à leur étude du massif du Tichka commencée en 1933.

Le massif granito-dioritique du Ticbka est situé dans le Haut Atlas marocain à 100 km au S.W. de Marrakecb. Il a une superficie de 735 km² et culmine à plus de 3 000 m. M. H. Termier en a dressé une magnifique carte détaillée au 1/50.000, établie sur la base de nombreuses courses sur le terrain, réalisées souvent dans des conditions difficiles. Il en a montré la curieuse « structure zébrée » ou annulaire et donné une étude pétrographique approfondie.

M. H. Termier a fait ressortir le grand intérêt théorique de ce massif complexe, non homogène, constitué de diverses roches granitiques et dioritiques, accompagnées de roches métamorpbiques, dues à la fois à des phénomènes de contact et à des phénomènes cristallophylliens, associés à un métamorphisme régional de la zone supérieure. Cet ensemble est particulièrement propre à l'étude du métasomatisme, de la migmatisation et des convergences entre roches d'origines diverses.

Entre autres remarques importantes, M. Termier démontre que le « granite » du Tichka s'est formé en grande partie sur place, au sein de terrains cambriens, au cours de « réactions topochimiques » en milieu solide avec intervention de pneumatolyse et de phénomènes d'homogénéisation. La découverte qu'il a faite en 1971, avec M^me^ G. Termier d'une écaille d'Echinoderme dans un spécimen de granite du Ticbka apporte une confirmation de ce mode de formation en milieu solide.

Toutes ces observations ont été rassemblées dans un important volume des mémoires du service géologique du Maroc [1].

Mais, conformément aux idées générales rappelées précédemment sur la place de la Métallogénie parmi les sciences de la Terre, on ne peut traiter d'un problème de Géologie régionale mettant en jeu des formations de roches éruptives et cristallophylliennes sans parler des minéralisations étroitement liées à la pétrogenèse.

Ce second volume, dont M. et M^me^ Termier m'ont fait l'honneur et l'amitié de me demander la préface, répond à ces considérations générales.

Il est conçu comme une contribution à l'étude de la Métallogénie marocaine. Il a surtout pour but de situer les gîtes dans leur contexte géologique et pétrographique, et d'apporter des renseignements précis, utiles non seulement aux métallogénistes, mais aussi aux prospecteurs et aux exploitants sur les roches paragenèses des principales concentrations minérales et métallifères (molybdénite, scbeelite, pyrite, cbalcopyrite, pyrrbotite, magnétite, sphalérite, arsénopyrite aurifère, bornite, galène, tétraédrite, titanate d'uranium, hématite) en tenant compte des recherches d'autres géologues ou ingénieurs (M. Alnikine, L. Clariond (1937, 1938), G. Rosier (1943), E. Fauvelet (1948), H. et G. Termier (1945, 1946, 1950), V. Ziegler et Cb. Bizard (1955), P. Bourrieau et P. Frehing, F. Permingeat (1950) et C. Schlumberger (1924).

On note souvent une répartition zonaire de ces minéralisations autour du batholite granitique ou de ses apopbyses.

Ces études comportaient constamment l'examen de nombreuses sections polies (200). C'est pourquoi, M. et M^me^ Termier ont fait appel à la collaboration d'une excellente minéralogiste, M^me^ Michèle Pinet, spécialiste de la détermination des minerais métalliques au microscope métallographique polarisant.

Enfin, une intéressante comparaison des gîtes de molybdène du Tichka avec ceux d'autres parties du Monde termine cet ouvrage.

Le texte se réfère aux cartes géologiques que M. et M^me^ Termier ont publiées dans leur mémoire antérieur sur le massif du Tichka (1971). Il est accompagné de tableaux, de photographies, et aussi de dessins significatifs dus au talent de M^me^ Termier.

Ce remarquable ouvrage est donc le résultat d'un travail approfondi, poursuivi avec persévérance sur le terrain et au laboratoire. Il mérite les plus grands éloges, car il apporte aux géologues et aux minéralogistes, aux ingénieurs et aux prospecteurs qui œuvrent au Maroc, des documents fondamentaux pour la poursuite de leurs travaux.

Jean Orcel
Membre de l'Institut
Professeur honoraire de Minéralogie au Muséum.

(1) Cf. Notes et mémoires du service géologique du Maroc n° 216. 240 p. Photographies et planches. Rabat 1971.

Source : MNHN, Paris

AVANT-PROPOS

En publiant le présent volume nous n'avons pas la prétention de dresser une étude exhaustive de la minéralisation du massif du Tichka. Quand deux d'entre nous ont travaillé sur le terrain (H.T., puis H.T. et G.T.), le but de la mission qui leur avait été confiée par le Service puis la division des Mines était avant tout d'aboutir à une *carte géologique* pouvant fournir une base de discussion aux géologues. Nous avons donc insisté sur la nature des terrains, la pétrographie et la tectonique. Quant aux gîtes métallifères, notre rôle était de les situer dans leur contexte mais non d'entrer dans le détail de leurs particularités et encore moins de nous livrer à l'évaluation des tonnages probables. Ces considérations techniques, en partie secrètes, ont d'ailleurs fait l'objet de nombreux rapports de N. Alnikine, puis de spécialistes appelés à se prononcer sur des questions précises, parmi lesquels L. Clariond (1937, 1938), G. Rosier (1943) et E. Fauvelet (1948).

N. Alnikine a prélevé beaucoup d'échantillons qui ont été expédiés à la Compagnie Minière du Maroc (siège social : Marrakech-Guéliz) : aucun d'eux ne nous a été confié. Mais nous avons nous-mêmes constitué une très vaste collection de spécimens de roches (plusieurs milliers) dont nous avons tiré des préparations microscopiques et un ensemble plus limité d'échantillons de minerais. Le présent volume fait état d'environ 200 surfaces polies étudiées au microscope à réflexion par M. Pinet et de 550 plaques minces examinées au microscope pétrographique par H. et G. Termier.

Les plutonites appartiennent avant tout aux familles du granite, du diorite et du gabbro, mais les roches métamorphiques sont d'une extrême diversité même en des espaces restreints. C'est pourquoi nous avons tenu à donner une liste, aussi complète que possible, des variétés que nous avons observées auprès de chacun des gisements étudiés. Étant donnée la multiplicité de nos préparations, nous n'avons pas voulu développer leur description et nous sommes contentés de brèves diagnoses.

Nous tenons à remercier N. Alnikine d'avoir mis (en 1972) ses archives entièrement à notre disposition.

D'autre part, les circonstances de notre vie ne nous ont pas permis d'aller absolument partout ni même de consacrer aux gîtes visités tout le temps que nous aurions souhaité. (Par exemple, nous n'avons pas visité les gîtes de Kouilal et d'Alebdi, n'ayant pu faire qu'une rapide excursion à Tigourzatine). Notre ouvrage est donc seulement une contribution qui apporte des renseignements précis sur les roches et les paragenèses minérales des principaux gîtes. Tel quel, nous souhaitons qu'il rende service aux métallogénistes, aux prospecteurs et aux exploitants.

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

La prospection métallogénique du massif a été entreprise de façon systématique par N. Alnikine et poursuivie par lui de 1931 à 1948, et c'est en fonction de l'intérêt des minéralisations trouvées, en particulier de la molybdénite, que H. et G. Termier levèrent la carte géologique de cette région de 1938 à 1962. Ils en ont donné une description dans le volume I (Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc n° 216, 1971). Le lecteur pourra prendre connaissance des cartes géologiques au 1/50 000, au 1/5 000 et au 1/20 000 (cette dernière intéressant plus spécialement le complexe minier du groupe Iskimoula-Figri-Tamkadout).

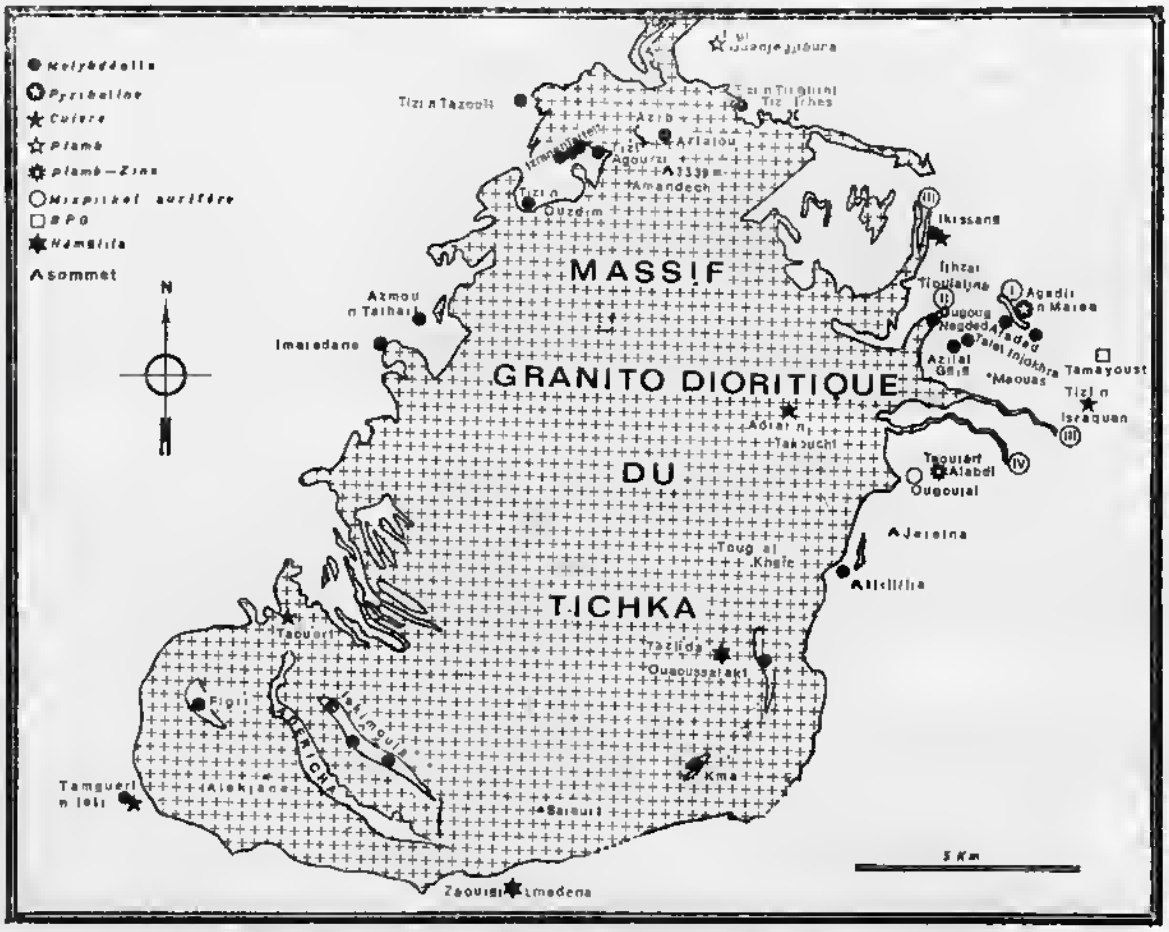


FIG. 1. — Schéma de l'ensemble des gîtes métallifères du massif du Tichka.

Source : MNHN, Paris

Nous reprenons l'étude métallogénique du Tichka sur la base des échantillons minéralisés recueillis par H. et G. Termier. L'intérêt de ce travail repose sur la description des sections polies réalisées au laboratoire de minéralogie du Muséum à partir de ces échantillons. Nous avons étudié les paragenèses ainsi que leur contexte lithologique et tenté, à partir de ces données, de présenter des hypothèses concernant la mise en place des minéralisations. Un travail semblable avait été partiellement réalisé pour la bordure NE du massif par Ch. Bizard et V. Ziegler (publié en 1955), ainsi que par P. Bourrieau et P. Frehing (1951 rapport inédit dont nous n'avons pas eu connaissance). Rappelons aussi la thèse de F. Permingeat sur le massif voisin d'Azegour (où la molybdénite avait été signalée dès 1924 par C. Schlumberger) : ce Mémoire avait permis de supposer la présence de scheelite au Tichka, ce qui fut vérifié à Iskimoula (F. Permingeat et H. Termier, 1950) ainsi que dans l'oued N'Fis.

Nous présentons ici les principales mines et travaux de recherche mais nos conclusions ne seront pas aussi fructueuses que celles qu'aurait pu recueillir un géologue métallogéniste restant en contact permanent avec le terrain. En effet la compréhension d'une mine est d'autant plus profonde qu'il existe moins de discontinuités entre sa reconnaissance géologique, le prélèvement et l'étude en laboratoire des échantillons recueillis sur place.

Le *plan* de notre étude est le suivant :

En partant du SE du massif du Tichka nous mentionnerons les minéralisations du bled Ifouzarene, puis nous dirigeant vers l'W nous jetterons un coup d'œil sur les bleds Aït Tament, Aït Yousf, Ifouzarene, Igoudachene et Ida ou Kais ; ensuite nous arriverons à l'important groupe des mines de *Figri* et *Tamguerd n 'Isli* du versant est du J. Azegza et celles du versant sud-ouest du *J. Iskimoula*. Plein ouest nous rencontrerons quelques petits affleurements minéralisés de la région de Taouort. Tournant toujours dans le sens des aiguilles d'une montre nous envisagerons le plateau du Tichka et ses abords, puis le bled Ida ou Msattog. Nous dirigeant après cela le long de la bordure orientale du Tichka nous rencontrerons la zone des grandes *injections péribatholitiques* et des filons de départ acide qui minéralisent toute cette région et présentent des paragenèses différentes suivant le niveau de l'intrusion. Cette région a été particulièrement bien étudiée par Ch. Bizard et V. Ziegler qui en ont fait la synthèse. Nous reprenons leur hypothèse de travail et nous pourrons y apporter quelques compléments. Nous terminerons cet inventaire des minéralisations du massif du Tichka par la vallée de *l'oued Aghbar* et par la *bordure est* du massif qui pose un problème non résolu.

N.B. — Les indications (1, p. 36) (1, p. 39) renvoient à l'ouvrage que nous avons publié en 1971 : *Le massif granito-dioritique du Tichka (Haut Atlas occidental, Maroc)*. Volume 1 : *Les régions et les terrains*. (Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, n° 216).

Source : MNHN, Paris

RAPPEL OE QUELQUES FORMULES

Alabandite MnS (système cubique).
Argentite Ag_2S (système cubique).
Arsénopyrite (= mispickel) FeAsS (système rhombique).
Azurite $[Cu_3 (OH)_2 (Co_3)_2]$ (système monoclinique).
Baryte $BaSO_4$ (= barytine, barite) (système rhombique).
Bornite (érubescite) Cu_2 S (Fe, Cu)S (système cubique).
Cassitérite SnO_2 (système quadratique).
Chalcopyrite Cu Fe S_2 (système quadratique).
Covellite CuS (= covelline) (système hexagonal).
Cuivre gris (série tétraédrite-tennantite).
Dolomite Ca Mg $(CO_3)_2$ (système rhomboédrique).
Erubescite (= bornite) Cu_2S (Fe, Cu)S.
Ferrimolybdite $[Fe_2 (Mo\ 0_4)_3.8H_20$?] (probablement orthorhombique).
Fluorite Ca F_2 (système cubique).
Galène PbS (système cubique).
Goethite Fe O(OH) (système rhombique).
Hématite (oligiste) $Fe_2\ O_3$ (système rhomboédrique).
Ilménite Fe Ti O_3 (système rhomboédrique).
Löllingite Fe As_2 (système rhombique).
Magnétite $Fe_3\ O_4$ (système cubique).
Malachite $[Cu_2\ CO_3\ (OH)_2]$ (système monoclinique).
Marcasite Fe S_2 (système rbombique).
Molybdénite MoS_2 (système hexagonal).
Molybdite MoO_3.
Panabase = tétraédrite.
Proustite $Ag_3\ A_sS_3$,
Pyrargyrite Ag_3 Sb S_3 (système rhomboédrique).
Pyrite Fe S_2 (système cubique).
Pyrrhotite $Fe_{1-x}S$ (= pyrrhotine) (système hexagonal).
Rutile Ti O_2 (système quadratique).
Scheelite 8 [Ca WO_4] (système quadratique).
Spbalérite (= blende) ZnS (système cubique).
Sidérite (= sidérose) Fe CO_3 (système rhomboédrique).
Stibine $Sb_2\ S_3$
Tennantite (système cubique) } Cu_{12} (Sb, As)$_4$ S_{13}.
Tétraédrite (système cubique) }
Wolframite (Fe, Mn) WO_4 (système monoclinique).

Source : MNHN, Paris

SUCCESSION DES ÉVÉNEMENTS GÉOLOGIQUES SURVENUS DANS LE MASSIF ET AUTOUR DE LUI

N.B. — Ce classement chronologique a pour objet de fournir au lecteur une première base de discussion mais il ne peut être définitif car :

1) les âges isotopiques sont en trop petit nombre (ceux que nous citons ont été établis en 1972 (*Sur l'âge varisque des plutonites du massif du Tichka (Maroc)* par H. et G. Termier, F. Leutwein et J. Sonet, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Cristall.*, 95, p. 124-127, article qui indique la localisation des échantillons et les méthodes employées). Il faudrait en calculer beaucoup plus.

2) La minéralisation sulfurée de Timezguida n'Ourgouelt, Tamayoust et Jarelna (pyrite, pyrrhotite, arsénopyrite) ainsi que les filons-couches à arsénopyrite et sphalérite-galène sont pour les uns (E. Fauvelet) antérieurs au métamorphisme général et pour d'autres (J. Agard) tardimagmatiques. Dans cette région orientale du massif, il y a probablement eu plusieurs phases de minéralisation lesquelles sont difficiles à distinguer.

*
* *

Volcanisme : andésites (I, p. 36) puis rhyolite (Bou Oufounas, I, p. 39).

Dépôt des couches cambriennes : tisrouimite (I, p. 56), schistes (I, p. 41), calcaires (I, p. 43), conglomérats.

Tectonique antégranitique

Antérieure aux « porphyres intermédiaires ».

Direction N 20° à N 30° Est, pendage SE.

Roches basiques. Sills de dolérite nombreux dans certaines zones tectonisées, recoupant les plis du terrain. Âge isotopique : 395 ± 10 MA pour une dolérite andésinique (Ti 1559) au sud de Tagodacht (Siluronien).

Métamorphisme régional

Granitisation, mises en place successives de granites, qui métamorphisent tous les terrains, et d'autres plutonites (diorite, gabbro) : 318 ± 10 MA (Chka 262), granite à biotite (Namurien).

Formation du granite et du diorite (en partie par assimilation des calcaires) : 305 ± 15 MA (Cbka 265) : granite à biotite et hornblende (âge de la phase sudète de Stille, Westphalien).

En simplifiant, on peut dire que le granite représente souvent le terme ultime de l'évolution (métamorphisme, puis fusion au moins partielle : anatexie) de la séquence pélitique tandis que le diorite représente souvent le terme ultime de la séquence carbonatée (calcaires et dolomies). A certains moments il a pu y avoir deux magmas non miscibles, le granitique plus léger et le dioritique plus lourd (Th. A. Vogel et B. M. Walker, 1975).

Phase orogénique moghrabine

Porphyres intermédiaires formant un système de filons parallèles à pendage très faible (microgranite, microgranodiorite, microdiorite, andésite).

Microgranodiorite à biotite et amphibole : 300 ± 15 MA (Ti 1424). Moscovien.

Gabbro micacé : 275 ± 15 MA (Ti 3045). « Gjélien ».

Source : MNHN, Paris

Apophyses granitiques de roches grenues acides, granite à microcline et muscovite, pegmatites aplites, faciès acide leucocrate terminal, recoupant les diorites et les porphyres intermédiaires.

Granite granophyrique à 2 micas (Ti 3002) près Talmoudat : 260 M A, Autunien.

Minéralisation en molybdénite, pyrite, chalcopyrite.

Lamprophyres : plateau du Tichka.

Tectonique postgranitique : fracturation.

1) Système de fractures NW (N 50° à N 60°), pendage de 60 à 70° vers le NE, à remplissage filonien cupro-ferrugineux, ankérite et sidérite, recoupant les apophyses granitiques (Tizi n'Israken : tétraédrite).

2) Système de failles NE (N 40° à N 50° E) pouvant donner d'épaisses zones de laminage et recoupant la plupart des failles du système NW et des fractures NW sans remplissage.

Tectonique en touches de piano pour le socle.

Minéralisation de filons à sphalérite-galène-pyrite (Alebdi).

Failles EW (les deux Tizi Ougourzi) ayant probablement rejoué au Tertiaire.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES DÉRIVÉES DES CALCAIRES (ET DOLOMIES)

Un faible métamorphisme fait apparaître de la *chlorite*. Par exemple, dans le bled Ifouzarene, il y a des calcaires chloriteux qui alternent avec des chloritoschistes (CHL de notre carte) à Touggourht, Toudma, Talat bou Assa, Lalla Rkia Mohand.

Un métamorphisme de degré moyen donne naissance à des *amphiboles*. Nous avons réuni sous la dénomination de complexe à amphibole (CA de notre carte) un ensemble de roches qui comprend des paraamphibolites résultant de la transformation des calcaires, par exemple à Agadir n'Maine et, à l'W du massif, entre le J. Assaoul Kebir et Tizi Imedlaoune, mais aussi des orthoamphibolites provenant de la transformation d'andésites et de tufs andésitiques, par exemple à Oufifen et à Amsioui. Le passage du complexe à chlorite au complexe à amphibole est très net en maints endroits au NW du massif, par exemple au J. Agreskaoune (cote 3 233 m) et entre Ouzagas et Asif Lalou, près de la cote 2 624 m.

Un métamorphisme de degré supérieur produit des *pyroxènes*, des *grenats* et de la *wollastonite*.

Pour préciser les supports de la minéralisation, il faut distinguer plusieurs catégories de roches réceptrices :

1) les *grenatites* sont essentiellement composées de grenats, et accessoirement de calcite et de quartz. Elles apparaissent en lentilles un peu partout et ont tendance à former des ovoïdes (par exemple, à Iskimoula, aux chantiers 8 et 9).

2) les *parapyroxénites* sont essentiellement constituées par du pyroxène. A ce propos, il faut bien remarquer que l'on emploie couramment le terme de diopsidite mais le diopside au sens strict du mot est assez rare.

3) enfin il y a les *skarns* ; ce terme nous paraît préférable à celui de tactites (F. L. Hess 1919). Mais il faut aller plus avant dans la précision. Les *skarnoïdes* (Rudnick 1961) sont des roches métamorphiques litées, concordantes avec la stratification, parfois rubanées, souvent en gros bancs qui se poursuivent sur des centaines de mètres. Ces roches paraissent avoir été formées sans apport notable de substances extérieures, sous l'effet de l'augmentation de température due à l'influence du granite. Les skarnoïdes conservent souvent des couches de carbonates peu transformés et offrent parfois de minces lits silicieux. Ils sont ordinairement à grain fin, d'un aspect mat, de couleurs pâles ou même claires. Leur pyroxène est assez rarement le diopside proprement dit, plus souvent un diopside légère-

Source : MNHN, Paris

ment ferrifère, tandis que leur grenat paraît être surtout le grossulaire. Enfin ils sont pauvres en veines issues du granite (aplite et pegmatite) et, en ce qui concerne la minéralisation, se révèlent ordinairement stériles.

Les *skarns vrais* sont associés à des filonnets quartzo-feldspathiques et *recoupent* le litage des skarnoïdes. Ils sont plus cristallins, plus compacts, donc plus durs, en même temps que plus brillants et plus *sombres* que ces derniers. Leurs pyroxènes sont plus ferrifères que ceux des skarnoïdes : les examens à la sonde de Castaing et au diffractomètre X mettent en évidence de la salite et de l'hédenbergite. Nous pensons que ces roches ont été formées *avec apport* de substances extérieures, notamment de fer.

Source : MNHN, Paris

BLED IFOUZARENE

Cette région est en grande partie trop éloignée du granite pour avoir eu beaucoup de chances d'être minéralisée.

Le chaînon du J. Ifillilis est constitué par des schistes et des calcaires plus ou moins métamorphiques traversés par des dykes et des sills de granite (voir notre coupe du flanc NW, 1, p. 120-121). Le flanc SE, près du sommet côté 2850 renferme une « lentille » avec quartz et grenat qui contient en haut de l'arsénopyrite et plus bas de la pyrite. Un peu plus en aval existe une autre masse de grenatite avec gangue quartzeuse, minéralisée en chalcopyrite, malachite et un peu d'azurite (Alnikine, rapport nº 32). Nous pensons qu'il y aurait intérêt à prospecter le flanc Sud de Taourirt n'Melloulene qui prolonge la crête de l'Ifillilis mais avec un décalage dû à une importante faille (1, p. 122).

En plusieurs points, les calcaires cambriens métamorphiques renferment de petites masses d'hématite qui semblent bien provenir de sidérite. Il y a même un lieu-dit « Ighzer el Maden » (ravin du minerai) où l'on peut voir une ancienne galerie qui a mis à jour une roche pauvre en hématite.

BLEDS AÏT TAMENT ET AÏT YOUSF

Récemment des anomalies géochimiques ont été signalées au Sud-Ouest du J. Bou Oufounas et dans la région d'Aït Naceur-Azougar, au nord du grand accident sud-atlasique. Nous ne les avons pas étudiées.

BLED IGOUDACHENE

Nous trouvons dans cette région des pointements minéralisés dispersés dans des types de roches variés. En effet au point de vue géologique (1, carte géologique au 1/50 000) on rencontre des schistes du Cambrien inférieur (C 1) sur lesquels reposent le complexe andésitique (Ca), le complexe rhyolitique (Cr) et le calcaire à Archéocyathes (Kμ) qui lors de la mise en place du granite ont été affectés par un métamorphisme de contact tantôt presque nul, tantôt très marqué.

Les principaux affleurements minéralisés

1) *Zaouiet L'Madene au Sud de la crête en couteau de Takhaznit* (1, p. 33, fig. 3 et 4).

Plaque mince Ti 5652 — roche éruptive dure mais altérée : biotite verte en forte proportion, quartz, plagioclase, ilménite et leucoxène, un peu de pyroxène, épidote. Dans les joints de cette roche on observe de belles lamelles d'hématite. Une section polie étudiée au microscope montre que l'hématite est le principal minéral opaque présent dans cette roche.

Source : MNHN, Paris

2) *Entre Zouiet L'Madene et Talaïn n'Assaine.*

MP 35 et 36 : roche (non déterminée) noiro, magnétique. L'ohservation microscopiquo permet de constater une assoz riche minéralisation en magnétito associée à un peu d'hématite.

3) *Imzzine.*

MP 105 : rocho (non déterminéo) présentant des smas d'hématite principalement localisés dans les joints. Microscopiquement on observe des vestiges de magnétite martitisée. C'est donc à partir de cette magnétito quo se forme l'hématite qui cristalliso ensuite en heaux groupes de cristaux fasciculés.

4) *Ravin d'Ougouguene.*

Ce gros ruisseau est issu du Tizi Ougni ; il passe entre Baba Merzoug (cote 1153) (à l'E) et Iggia (à l'W), puis longe le versant nord de la crête en couteau de Takhaznit. On le traverse sur le chemin muletier de Talet n Biteljane à Imzzine.

MP 138 : roche composite faisant penser à un grès englohant des parties verdâtres. Elle ost littéralement pétrie do lamelles d'hémstite. Au microscope, l'hématite a été le seul minéral reconnu.

MP 45 : commo dans l'exemplo précédent, roche gréseuso pouvant montrer do petits galets de quartz ainsi que des zones verdâtres pratiquement non minéralisées ; les premières contiennent de très belles lames d'hémstite. Il est intéressant de noter qu'au microscope la zone centrale de chaque lamelle d'hématite présente des reliquats do magnétite. Dans le même lot d'échantillons nous avons remarqué un fragment de schiste lui-même imprégné d'hématite.

Chka 314 : su microscope : quartz en grains de 20 à 60 μ, sphène, amphihole verte, plagioclase, hématite, filonnets de calcite. Cette roche est minéralisée en hématite et présente de petites concentrations de chalcopyrito qui s'altère et donne à la surface des zonea où a'exprime la malachite.

5) *Flanc sud du J. Tirhisit* (prolongement SE du J. Iskimoula).

MP 108 : dans un granite rose, on trouve au microscope de petites bsguetto d'hématite.

6) *Galet dans l'oued Dar l'Jehot* (*à l'amont d'Aafir*).

MP 126 : dans un galet noir carhonaté, on ohserve des concentrations de magnétite très finement cristalliséo.

Conclusions sur les minéralisations du bled Igoudachene

Les seuls minéraux rencontrés dans les différents échantillons, qu'ils soient gréseux, schisteux ou carbonatés, sont la magnétite et l'hématite, cette dernière semblant en général résulter de la martitisation de la magnétite.

Le manque de continuité des affleuroments ne permet pas d'émettre une hypothèse génétique rigoureuse, cependant il est assez intéressant de constater que, dans le bled Igoudachene, région particulièrement riche en magnétito, celle-ci est toujours finement dispersée dans les différents types de roches.

Sommes-nous ici en présence d'une zone de concentration du fer en avant d'un front de granitisation ? Ou bien avons-nous affaire à d'anciens dépôts de fer sédimentaires repris ensuite dans le métamorphisme induit par le granite du Tichka ? Il semble que la première hypothèse soit seule à retenir.

BLED IDA OU KAÏS

Do Ounreg

Ti 3063 : ce matériel présente de l'ilménite on cours de transformation en un mélango do rutile ot de sphène. On ohsorve également de la pyrito d'immigration dans lo rutile, par exemple sur la fig. 32, pl. 5 : la

Source : MNHN, Paris

pyrite correspond dans le cristal composite à gauche de la photographie aux plages blanches réfléchissantes, le rutile constitue les zones d'un gris moyen, enfin l'ilménite représente les plages gris clair. A droite de la photographie, on remarque un beau cristal d'ilménite avec des exsolutions orientées d'hématite plus réfléchissante.

Diorite quartzique et micacé (Chka 840) : apatite, ilménite et leucoxène, amphibole, plagioclase (cf. andésine), biotite, quartz.

Kma

N. Alnikine (rapport 96 p. 63) a reconnu un faisceau de 8 bandes de grenatites parallèles entre elles (direction N 58° W, puissance de 0,80 à 4 mètres) interstratifiées dans la série métamorphique. La lentille médiane affleure au lieu-dit Akioud Tighriine, près d'un petit col d'altitude 1 770 m. Elle présente un chapeau ferrugineux dans lequel on trouve des mouches de molybdénite. Nous n'avons pu identifier ces bandes sur notre carte au 1/5 000 (1, carte de Kma-Tirhimint) où les altitudes ne dépassent pas 1 444 (Achkra n Talbourt n'Ououri) et où la direction principale est NE.

Il s'agit probablement d'Akioud n' Tikbline, masse carbonatée culminant à 1 782 m (1, fig. 34, p. 127) mais là aussi les directions sont NE.

Diorite à pyroxène (Ti 3110, Talet Assaoun Kma) : ilménite et leucoxène, sphène, pyroxène incolore, ouralite verte et brune entourant le pyroxène, andésine à 39 % d'An, quartz (très peu), biotite (localement). Cette roche pourrait être appelée diorite-gabbro ou belugite (Spurr 1900).

Parapyroxénite gréseuse (Chka 496) : quartz en grains de 30 à 200 μ, pyroxène vert pâle dominant, plagioclase abondant.

Schiste charbonneux micacé (Ti 1556) : grand coude de l'Asif Ida ou Kaïs, au Sud de Kma.

Grès chloriteux très fin (Ti 2507) : grand coude de l'Asif Ida ou Kaïs au Sud de Kma.

Sarourt

N. Alnikine (rapport 96 p. 64) a reconnu plusieurs bandes de grenatite entre le village de Kma (= Kouma) (à l'E) et Tizi Ougni (à l'W), soit sur une distance de 6 km. En particulier, entre le granite qui affleure au S de la Zaouia de Sarourt et les grands affleurements de diorite qui sont au N de ce village, il y a des bandes sensiblement E-W d'anciennes roches sédimentaires qui ont un fort pendage vers le Nord (1, p. 108 et 109). Au N de Sarourt, les pentes de Tismerine (H.T. et G.T. 1974, p. 2111-2114) sont remarquables par la complexité des roches métamorphiques qui comprennent des gneiss amphiboliques, des diopsidites et des grenatites, ces dernières renfermant des mouches de molybdénite.

Source : MNHN, Paris

LES MINÉRALISATIONS DANS LA PARTIE SUD-OUEST DU MASSIF

BLEDS AGOUNSANE ET IMEDLAOUNE

RIVE DROITE DE L'OUED IMEDLAOUNE

Les minéralisations sont situées dans la région des grandes enclaves comprenant d'anciennes bandes de terrains sédimentaires de quelques dizaines de mètres d'épaisseur sur plusieurs kilomètres de longueur (Adericha : 5 km ; Iskimoula : 2,5 km), fortement métamorphisés et lardés de sills, de dykes et de filons de puissance variable d'aplites, de pegmatites ainsi que de quartz associés à plusieurs sulfures (I, chapitre 5).

Sur ces indices minéralisés a été établi l'imposant groupe des recherches de Tamguerd n'Isli et de Figri (versants sud-est du J. Azegza) puis d'Iskimoula, entre d'une part le village d'Amercheh (au SW) et d'autre part les crêtes Mesniten-Tizi Iminlouta-J. Toutki, Tyayalline n Zddinine (au NE). Ces différentes mines dont l'ordre avait été choisi en raison de leur distance géographique au pluton granitique, la mine de Tamguerd n' Isli étant la plus externe, ont fait l'objet de recherches très actives puisque nous trouvons pour Figri et Tamguerd n'Isli 16 galeries et 26 pour celle d'Iskimoula. N. Alnikine a suivi de très près ces travaux miniers pendant de nombreuses années.

Nous étudierons successivement les trois groupes et tenterons de dégager les principaux caractères des minéralisations en fonction du contexte lithologique et de l'influence des intrusions quartzo-feldspathiques issues du massif du Tichka. Cette influence semble primordiale pour le dépôt du molybdène. Nous verrons en particulier au niveau de la mine de Tamguerd n'Isli que certaines accumulations minérales utiles, par exemple de fer, peuvent résulter de deux processus différents de concentrations, 1) origine authigène possible ; 2) apports d'éléments (Na, Fe, Cu, Pb, Zn) véhiculés par des fluides subcontemporains de la mise en place des filons quartzo-feldspathiques.

Alekjane et Tamkadout

A environ 400 m à l'WNW du village d'Alekjane, sur le flanc Sud de Takouit n'Takiouine (cote 1781), N. Alnikine (rapport 96 p. 69) a reconnu dans la série métamorphique (voir dans I notre carte Alekjane-Tagmout au 1/20 000) un banc de roche complexe, à grenat, minéralisée en pyrite, pyrrhotite, arsénopyrite, malachite et, très rarement, molybdénite (direction SW-NE).

Un affleurement analogue au précédent se trouve dans les mêmes terrains, en amont du village de Tamkadout.

Zaouia Taouort (= Tawort = Taouert), Ouaoussarmel

L'éperon de la Zaouia Taouort déjà décrit (I, p. 81 et 82) est constitué par des micaschistes injectés de granite et de très nombreux filons verticaux d'aplite. Les micaschistes admettent des intercalations de parapyroxénites et de grenatites dont plusieurs renferment des mouches de molybdénite et de pyrite avec de la malachite et, en un point, des paillettes d'hématite.

Source : MNHN, Paris

Dans le mur d'un jardin en face de Taouort, rive droite d'Asif Ouaoussarmel :

MP 135 : imprégnation quartzeuse présentant de belles lames d'hématite. Microscopiquement on se rend compte que l'hématite provient de la martitisation de la magnétite qui est ici assez abondante.

Plus au Nord, près du village d'Ouaoussarmel, deux veines de quartz, longues de 100 m, puissantes d'1 à 2 m, contiennent un peu de grenat, de la chalcopyrite et de la malachite.

MP 102 : aucune minéralisation intéressante dans une brèche à ciment aphanitique.

Taourirt Lemdine

Au N de Taouort, petit sommet de granite à l'E de Fihil.

Dans un complexe amphibolique on rencontre deux pointements de granite d'où sont issues probablement les venues quartzeuses et quartzo-feldspathiques qui recoupent une roche à amphibole. Celle-ci peut contenir dans ses joints des mouches de molybdénite ou plus généralement des placages d'hématite. A peu près tous les échantillons de ce gisement se présentent avec des enduits de malachite.

MP 12 : microscopiquement, dans la roche on observe de la chalcopyrite en voie d'altération en covellite ainsi qu'un peu de molybdénite.

MP 110 : cette autre section polie montre un petit filonnet avec goethite, un peu d'hématite ainsi que quelques grains de chalcopyrite.

MP 113 : l'hématite est présente dans un filon de quartz recoupant la roche.

Dans l'ensemble la molybdénite est rare tandis que l'hématite et la chalcopyrite sont mieux représentées.

Assaoul Seghir

Le flanc NW de cette belle colline (I, p. 66-67) comprend des calcaires métamorphiques associés à des grenatites. Le plus souvent les bancs de grenatite sont parallèles à la stratification ; parfois elles sont entourées d'une zone à wollastonite. Les grenats conservent généralement des faces cristallographiques très nettes : celles du dodécaèdre rhombique (110). En plusieurs points nous avons observé des filonnets de grenatite, épais de 1 à 3 cm, qui coupent la stratification. Localement les grenatites passent à des skarns à pyroxène vert injectés par des veines de quartz.

Ti 3179 : skarn à grenat et pyroxène vert foncé juxtaposé à la wollastonite. Microscopiquement, la minéralisation est pratiquement inexistante. Nous avons cependant rencontré un minuscule grain de pyrrhotite.

MT 56 : dans cet échantillon également quelques grains de pyrrhotite.

Chka 159 : par contre, dans ce dernier aucune minéralisation intéressante.

Tizi Ouguersioud (Aguerd Sioual)

N. Alnikine (rapport 96, p. 72) a reconnu près de ce col deux affleurements de grenatite. Le premier, situé à 300 m au sud a une direction N 33°W, un fort pendage au NE et une puissance moyenne de 1,20 m ; il correspond au lambeau de calcaire métamorphique que nous avons marqué sur notre carte au 1/20 000. Le second, situé à 400 m au SW du col, est moins puissant ; il est faiblement moucheté de molybdénite.

Tamguerh n'Iali (= Figri-haut)
(Voir la carte géologique Alekjane-Tagmount au 1/20.000^{e})

Coupe générale

Les recherches et galeries, au nombre de 8 en 1940, qui se suivent depuis Irhzer Isli (au NE) jusqu'à Amguerd n'Isli (au SSW) (col dont l'altitude est de 2 129 m) sont établies sur le flanc SE du J. Azegza (cote 2 762 m). Cette belle montagne doit son nom (Azegza veut dire vert) aux pâturages qui

Source : MNHN, Paris

recouvrent ses flancs est et sud et qui, en été, nourrissent de grands troupeaux de moutons. Une coupe E-W effectuée de bas en haut montre les terrains suivants :

1) *granite* à biotite dont le contact est net avec la tisrouimite, ou avec les grès et les calcaires sus-jacents. Cela ne l'empêche pas de s'insinuer dans les ensembles qui lui sont superposés sous la forme de sills et de filons-couches ;

2) *tisrouimite* (I, p. 56), cornéenne charbonneuse s'étalant dans les parties hautes d'Irhzer Asloun et formant, à l'E de ce ravin, une crête qui se fragmente et dont les éboulis recouvrent le plateau de Tisrouima (à l'W de la cote 1 484 m).

La tisrouimite est directement superposée au granite à l'Est de Tamguerd n'Isli, sans interposition de calcaire, et celui-ci montre deux charnières anticlinales, l'une au SW et l'autre au SE de la mine. Mais de part et d'autre du J. Ftchich, il y a de beaux affleurements de tisrouimite *au-dessus* du calcaire, l'un plus proche de Tizi ou Aklimt (1 900 m), l'autre qui constitue deux petits sommets : Cheif n Tifraouine, près d'Azougar n'Tisrouima, et Cheif Tamguert Isli (dominant le col de même nom).

3) *grès métamorphiques* souvent feldspathisés, généralement verts et offrant une patine couleur de rouille. Leur partie haute est une assise rubéfiée. Ils renferment des lentilles de calcaires recristallisés, souvent en calcite. Les uns et les autres sont injectés par de nombreux et minces filonnets de pegmatite à gros cristaux de feldspaths, d'aplite et de quartz, apportant une minéralisation de pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, scheelite et molybdénite ;

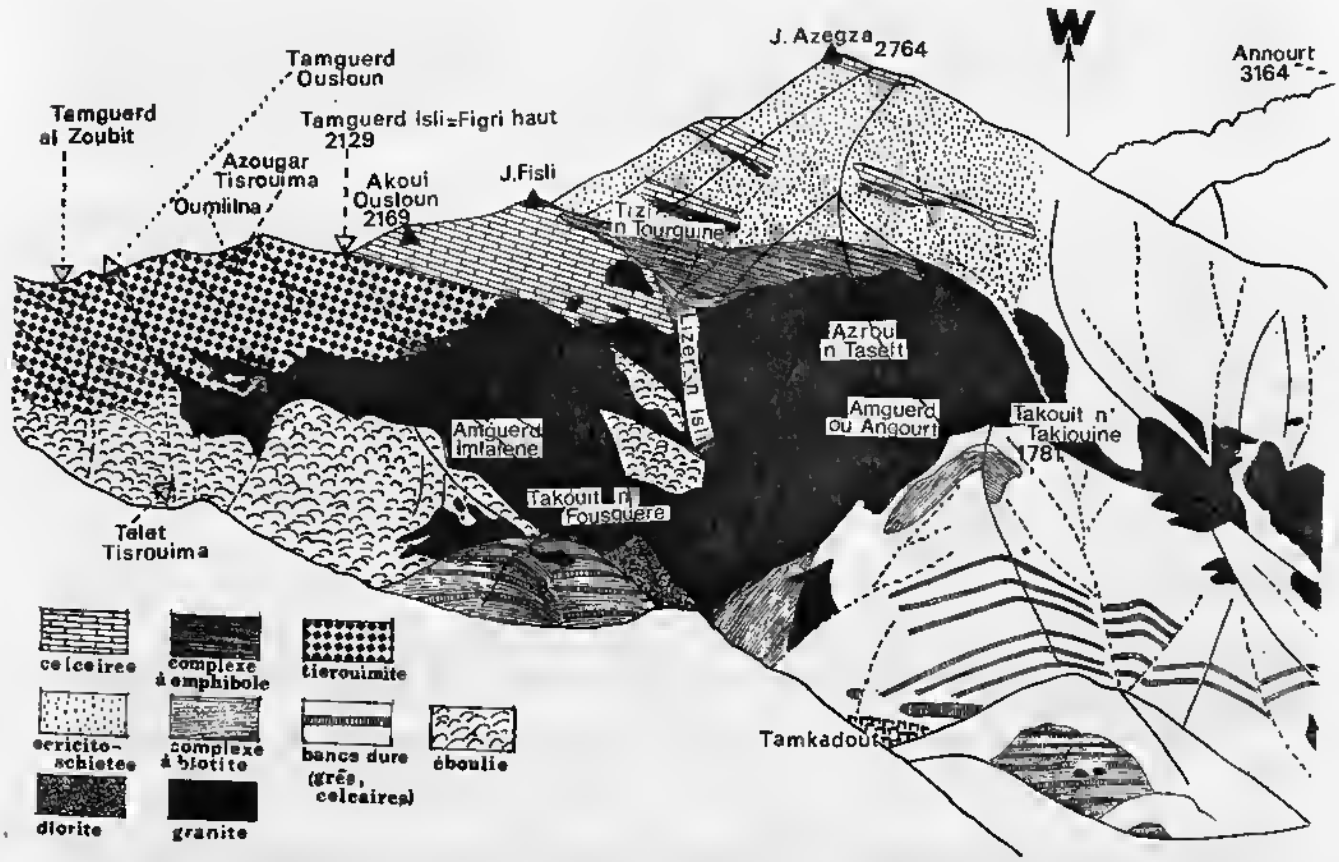


Fig. 2. — Position, sur le terrain, de Tamguerd n'Isli (= Figri-Haut).

Source : MNHN, Paris

4) *grès sombres (charbonneux) et tisrouimite* plus ou moins schisteuse. Sur nos cartes nous avons bloqué les formations 2, 3 et 4 sous l'appellation TS * ;

5) puissante série de *calcaires métamorphiques*, de cipolins et d'amphibolites avec intercalations de schistes charbonneux tachant les doigts (par exemple près de la maison de la mine), passant à la tisrouimite (cornéenne noire) : cet ensemble, souvent très plissoté (par exemple rive droite d'Irhzer n'Isli) correspond au symbole Kμ. A environ 600 mètres au NW de Tamguerd n'Isli, les amphibolites deviennent plus importantes que les calcaires dont elles dérivent, aussi avons-nous caractérisé ce nouvel ensemble par l'appellation CA. Mais le détail est très complexe et vaudrait la peine d'être représenté sur une carte au 1/2 500. Au point de vue morphologique, les calcaires forment des escarpements à angles vifs tandis que les grès offrent des surfaces doucement mamelonnées ;

6) *séricitoschistes* (Ss) passant parfois assez brusquement à des *micaschistes* (CB).

Les différents niveaux sédimento-métamorphiques ont un pendage variable vers l'Ouest. Leur direction est oblique par rapport à la crête qui est jalonnée par Akoui Ousloun (cote 2 169 m), Tamguerd n'Isli et Tamguert di el Zoubit. Les 8 galeries ont été creusées dans les grès métamorphiques verts à patine couleur de rouille et dans les calcaires.

Insistons sur le fait que la minéralisation qui a été exploitée ne se trouve pas dans les calcaires mais *dans les grès* métamorphiques, probablement à cause de leur état physique (porosité relative ?). Ils sont particulièrement favorables car toutes les galeries de recherche creusées entre Figri et Amguerd ou Angourt (col recouvert par l'arène granitique à l'W de Takouit n Takiouine) le sont dans ces roches.

Il existe de nombreuses cassures, failles et décrochements, bien visibles par leurs cannelures, mais elles sont postérieures à la minéralisation.

A titre d'exemple, citons la galerie n° 6 et le puits qui en part vers le bas. Les travaux miniers suivent une bande lenticulaire de grès vert comprise entre deux assises de calcaire blanc. La minéralisation est localisée dans les grès, au contact de veines de pegmatite à grands feldspaths. La zone la plus riche se trouve près d'une des surfaces calcaires : l'imprégnation métallique y atteint de 3 à 5 %.

Types de roches.

Cette région nous paraissant avoir de l'avenir, nous croyons opportun de passer en revue les principales roches que nous y avons observées.

Séricitoschistes : de type benal : quartz, mica blanc dominant, chlorite, minéral opaque, pigment charbonneux.

Micaschistes à biotite : ces roches affleurent dans le bassin d'Irhzer Tamaghout, grand ravin qui descend sur le flanc sud du J. Azegza, au N de Do Oussoud. En plus des types classiques, nous signalons un faciès un peu spécial passant à des micagrès.

Ti 6375 (point où le chemin de Tikfilt traverse Irbzer Tamaghout) : à l'œil nu, c'est une roche à grain très fin, donc compacte, d'un gris moyen, se brisant en morceaux irréguliers. Au microscope : quartz en fragments aigus, de 3 à 15 μ ; biotite dominante en paillettes de 5 à 30 μ, plus rarement de 70 à 80 μ ; minéral opaque de 10 à 30 μ (peu) ; tourmaline (peu).

Roches gréseuses.

Chloritogrès feldspathisé : Ti 6391 (Azib Tsmaghout sur le plateau de Tadment). A l'œil nu : roche verte et grise en débris plutôt aplatis. Au microscope : fond constitué par du quartz en grains de 10 à 20 μ, calcite, chlorite en forte proportion, séricite en nombreuses petites paillettes (de 10 à 30 μ), ilménite et leucoxène, plagioclases atteignant 0,3 mm.

Ti 6288 (même provenance) : quartz, chlorite, calcite, ilménite et leucoxène, plagioclases atteignant 1 mm.

* En attendant de pouvoir dresser une carte détaillée de la mine ; les circonstances nous ont empêchés de le faire. De cette intention il reste seulement la carte schématique au 1/2 500 des « Mines de Figri-haut » établie en octobre 1940 par notre topographe Keguith.

Source : MNHN, Paris

Micagrès très fin (Ti 6375 bis) (point où le chemin de Tikfilt coupe Irhzer Tamaghout). Roche très nettement orientée en grains de 5 à 30 μ, biotite en paillettes de 25 à 30 μ, minerai opaque (peu), tourmaline (très peu).

Micagrès très fin (Ti 3167, Cheif n'Figri) : quartz en grains de 30 à 60 μ, minerai opaque, un peu de poussière charbonneuse, biotite en paillettes de 30 à 120 μ, taches peu perceptibles qui ne sont pas de l'andalousite (car constituées par un minéral fibreux à allongement positif ; peut-être disthène ?).

Micagrès à biotite (Ti 6341 et Ti 6220) (point où le chemin d'Alekjane à Tikfilt coupe Irhzer Tamaghout). Au microscope : roche nettement litée, quartz dominant en grains de 5 à 50 μ, biotite abondante en paillettes de 20 à 60 μ, minerai opaque en amas inférieurs à 50 μ, tourmaline (peu), minéral brun rougeâtre en petites lamelles (cf. pérowskite). Le quartz et le mica sont en proportions comparables.

Micagrès à biotite et andalousite (Ti 5566, Tamguerd n'Isli galerie n° 4) : quartz en grains de 20 à 50 μ, minerai opaque, biotite abondante (100 à 300 μ), andalousite (5 à 6 mm).

Micagrès calcareux (Ti 6238) (point où le chemin d'Alekjane à Tikfilt traverse Irhzer Tamaghout). Au microscope : roche à grain fin, quartz dominant en grains de 10 à 40 μ, calcite, minerai opaque en assez forte proportion (smas inférieurs à 100 μ), biotite abondante en paillettes pour la plupart de 10 à 50 μ (rarement de 100 μ).

Grès amphibolique (Ti 1260, Tamguerd n'Isli) : quartz en cristaux aigus, amphibole incolore, ilménite et leucoxène, minéral fibreux formant des sphérolites incomplets.

Grès métamorphique à pyroxène et amphibole (MT 22 bis). Roche stratifiée, quartz d'origine détritique en grains de 20 à 200 μ, pyroxène, amphibole incolore en baguettes (200 à 250 μ), minerai opaque.

Roches charbonneuses.

En 1965 nous avons décrit sous le nom de tisrouimite une cornéenne charbonneuse qui affleure largement dans le bled Agounsane, à l'WSW d'Alekjane. Et en 1971 nous avons envisagé l'existence, au Cambrien inférieur, d'un bassin sédimentaire large de 3 à 4 km et long d'au moins 7 km, le *bassin de Tisrouima* où se sont déposées des roches relativement variées mais caractérisées par la présence d'un pigment charbonneux. Elles diffèrent par la nature de leur constituant principal et par leur degré de métamorphisme, qui atteint son maximum dans la tisrouimite parce qu'elle surmonte directement le granite.

Grès charbonneux (Ti 6388) : roche stratifiée, quartz en grains de 50 à 100 μ, séricite (20 à 50 μ), chlorite, poussière charbonneuse.

Pélite gréso-charbonneuse à pyroxène, andalousite et disthène (Ti 6391 A, Tadment) : quartz d'origine détritique, poussière charbonneuse dominante, pyroxène peu coloré, andalousite, disthène (réfringence forte, polarisant en jaune, extinction 30°, allongement positif) (*cette coexistence indique un seuil*, l'andalousite se transformant en disthène quand il y a superposition d'un métamorphisme régional à un métamorphisme thermal).

Grès charbonneux à biotite, feldspathisé (Ti 3236) : roche nettement litée : quartz en grains de 20 à 60 μ, plagioclases détritiques de mêmes dimensions, séricite, biotite en paillettes de 15 à 50 μ, ilménite et leucoxène, poussière charbonneuse soulignant la stratification, feldspaths de néoformation plus grands que les autres minéraux.

Grès charbonneux à amphibole (Ti 6413, Est de Tizi ou Aklimt) : quartz, minerai opaque en sections rectangulaires, poussière charbonneuse, amphibole incolore atteignant 1 mm.

Grès charbonneux (Ti 6391 B, Azib Tamaghout) : roche nettement litée, quartz dominant en grains de 10 à 100 μ, poussière charbonneuse abondante en grains de 1 μ, formant des amas plus ou moins alignés, hématite.

Deux échantillons (Ti 5887 et 5888) sont analogues au précédent.

Brèche charbonneuse feldspathisée (Ti 6256, Ti 6436, Ti 6440, Est de Tizi ou Aklimt) : roche formée par des fragments de grès feldspathique (quartz et plagioclase), du quartz, du minerai opaque et des plagioclases de néoformation, le tout cimenté par de la poussière charbonneuse.

Ti 6388 (cœur de l'anticlinal voisin du hameau de Taleta) : roche litée, quartz en grains de 5 à 100 μ (proportion plus faible que dans 6391 B), poussière charbonneuse, mica blanc en paillettes longues de 20 à 50 μ, chlorite.

Ti 6383 (Tizi Taïwalt) : à l'œil nu, roche hétérogène non orientée, à cassure irrégulière. Quartz en individus de taille très variable (de 30 μ à 1,5 mm), poussière charbonneuse en grains de 1 à 2 μ, formant des amas

Source : MNHN, Paris

et des cellules régulières quand elle entoure des minéraux de taille comparable, minerai opaque et hématite, séricite, chlorite, orthose (un cristal), plagioclases (rares).

Micagrès charbonneux (Ti 6255) : échantillon prélevé un peu au-dessous d'Amguerd n'Isli. Roche à grain très fin. Quartz en individus de 10 à 200 μ ; pigment charbonneux en grains de 0,5 à 2 μ, formant des traînées onduleuses, biotite, chlorite.

Ti 6252 : échantillon prélevé à moins de 100 m au N d'Amguerd n'Isli. Quartz en individus de 5 à 50 μ ; poussière charbonneuse en grains de 0,5 à 2 μ ; biotite, mica blanc atteignant 350 μ ; minerai opaque en amas de 1mm ; hématite rouge et goethite (?) brune ; il y a des taches (longues de 100 à 200 μ) polarisant en gris et ayant un allongement négatif mais pas de macles : nous les interprétons comme des feldspaths qui étaient en voie de formation.

Roches dérivées du calcaire.

Calcaire charbonneux (Ti 6384) (Tizi ou Aklimt, col de coordonnées 185,20 — 426,12 situé à l'E de Taleta à une altitude de 1 900 m) : calcite dominante, poussière charbonneuse éparse et en amas aux formes capricieuses, minerai opaque, quartz (très peu), amphibole monoclinique incolore.

Cipolin gréseux feldspathisé (Ti 6301) : calcite dominante, minerai opaque passant à hématite translucide rouge, quartz, plagioclase.

Calcaire passant à une parapyroxénite (MT 22 C) : roche non orientée, calcite dominante parfois à clivages recourbés, minerai opaque, pyroxène, orthose-perthite, plagioclase.

Calcaire gréseux à séricite (Ti 6236) (à 100 m à NW de la mine d'Amguerd n'Isli) : calcite dominante, quartz en débris aigus inférieurs à 50 μ ; séricite abondante ; minerai opaque.

Calcaire métamorphique à lits durs (Ti 3194) (Tamguerd n'Isli, près de la maison de la mine) : calcite dominante, quartz, cf. pyroxène, amphibole monoclinique incolore ; minerai opaque, hématite et limonite ; les lits durs sont composés de silice et de silicates (pyroxène).

Parapyroxénites (Chka 324 = Ti 10) (mine d'Amguerd n'Isli, galerie n° 3). Au microscope : pyroxène, ouralite, minerai opaque abondant, alabandite, calcite en petites plages, quartz localisé.

Ti 2228 : rive droite d'Irhzer Ieli, sur le chemin d'Amguerd n'Isli. Au microscope : pyroxène, biotite, chlorite, minerai opaque.

Parapyroxénite (MT 1, Tamguerd n'Ieli, galerie n° 6) : structure grenue, quartz, calcite, ilménite et leucoxène, pyroxène jaune pâle, feldspaths sans macles.

Parapyroxénite gréseuse (Chka 866) : quartz dominant offrant souvent des files d'inclusion, calcite, minerai opaque, pyroxène d'un vert très pâle.

Pyroxénite gréseuse (Chka 684, Tamguerd n'Isli) : quartz, apatite, ilménite at leucoxène, sphène en coins, pyroxène, zoïzite, plagioclases très altérés. *Cette roche est riche en titane.*

Cipolin à diopside (Ti 2723) (Tamguerd n'Isli). Roche largement cristallisée : calcite dominante au sein de laquelle apparaissent des îlots de pyroxène incolore, minerai opaque, pyrrhotite, chalcopyrite, molybdénite, orthose-perthite (peu).

Roche métamorphique complexe (Ti 5949) (Tizi n'Tourguine, col situé dans la partie haute du bassin d'Irhzer Isli). A l'œil nu : roche montrant une alternance de lits verts, de lits blancs et de lits bruns. Au microscope : les lits verts se révèlent composés de quartz, de hornblende et d'épidote ; les lits blancs montrent du quartz en grains de 5 à 20 μ, de la calcite en petites plages de 20 à 80 μ et du pyroxène en cristaux de 10 à 30 μ ; enfin les lits bruns sont formés de quartz, de biotite dominante en paillettes de 10 à 50 μ, de minerai opaque et de tourmaline (peu) en prismes longs de 50 à 150 μ.

Microgranite à biotite (Ti 3207, Tamguerd n'Isli) : I) quartz et plagioclases atteignant 2 mm ; II) quartz en individus de 20 à 200 μ ; biotite, chlorite, avec nombreuses inclusions de minéral opaque et de plagioclase ; apatite ; sphène.

Microdiorite (Ti 6295, Tamguerd n'Isli). Roche à grain plutôt fin d'un gris verdâtre. Au microscope : roche à 2 temps pas très distincte où les phénocristaux ne dépassent guère 2 mm. Au microscope : andésine, augite, hornblende, biotite (très peu), minerai opaque, chlorite, épidote.

Dolérite amphibolique (Ti 6387, Est de Tizi ou Aklimt). Structure ophitique : minerai opaque, amphibole brune avec des parties vertes, labrador en poutrelles orientées en tous sens, un peu de zoïzite.

Source : MNHN, Paris

Études des chantiers

Galerie n° 1

Située entre les branches hautes (c'est-à-dire Ouest) d'Irhzer Isli, à l'altitude 1 997 m (entre les cotes 2 013 au N, 2 010 au S et 1 964 à l'E), elle part des calcaires et entre ensuite dans les grès en coupant obliquement leur contact. En effet, le pendage des couches est ici de même sens que la pente de la montagne. En 1940, la paroi N de la galerie était formée par une cassure. Les grès offrent des fissures minéralisées en pyrite et pyrrhotite. Le contact grès-calcaire est marqué par de la malachite. La galerie suit la zone pyriteuse.

MT 44 : c'est une cornéenne à patine verdâtre microtectonisée dont les plans de glissement sont soyeux. On y remarqus la présence d'un filon d'aplite. La minéralisation en pyrrhotite abondante dans les joints et cassures de la roche est riche en molybdénite et pyrrhotite dans la zone aplitique. L'observation microscopique révèle l'existence de cristaux de pyrite primaire (notée pyrite I) que la pyrrhotite qui l'inclut semble remplacer. Nous avons un bon exemple de ce phénomène dans la fig. 8, pl. 2 où l'on voit un ancien cristal de pyrite presque totalement supplantée par la pyrrhotite. Mais la pyrite de ce type est assez rare. Plus généralement la pyrrhetite est remplacée par la pyrite (notée pyrite II) qui tend à acquérir son automorphie comme l'illustre la fig. 7, pl. 2. La pyrite se développe largement dans la roche en donnant des structures chevelues ou squelettiformes (fig. 9, pl. 2). Par endroits, la pyrite II se transforme en marcasite.

La chalcopyrite est peu abondante ; on la treuve en général au contact des cristaux de pyrrbotite et, comme la pyrite II, elle peut s'insinuer dans la cornéenne en donnant des structures chevelues. Il est intéressant de remarquer que l'hématite provient de la martitisation de la magnétite.

Comme nous l'avons observé microscopiquement, la molybdénite est principalement associée aux venues aplitiques.

Cet échantillon présenterait la succession suivante dans les filonnets d'aplite :

magnétite → bématite
molybdénite
pyrite I
pyrrhotite
cbalcopyrite
pyrite II

tandis que, dana la cernéenne, elle serait la suivante :

pyrite
pyrrhotite
chalcopyrite.

MP 2 : Dans cet échantillon la pyrrbotite est abnndante. Lui sont associées la chalcepyrite (localisée sur le pourtour des plages de pyrrhotite) et la pyrite en voie de transformation en marcasite. La distribution et la structure de ces minéraux impliquent un dèpôt postérieur à la fermation des silicates : la pyrrbotite possède un faciès cbevelu dans les pbyllites tandis qu'elle est plus massive dans les lits de la roche riches en grenat.

Galerie n° 2.

Située à environ 37 m au SW de la galerie n° 1 et immédiatement au SW d'une cote 2 010 m, elle est établie au contact des calcaires non minéralisés et des grès verts à pyrrhotite, minéral ayant été apporté par des filonnets de pegmatite à gros feldspaths. Les grès verts offrent des surfaces d'altération couleur de rouille.

MT 34 : l'échantillon macroscepique mentre des grès finement imprégnés de pyrrhotite et un niveau calcaire à grosses amphiboles présentant dans ses cassures de la pyrrhotite, de la chalcopyrite et de la pyrite.

L'ebservation microscopique confirme l'existence de ces différents minéraux et révèle en outre la présence d'un peu de spbalérite.

Source : MNHN, Paris

Galerie n° 3

Elle est établie à environ 67 m au SSW de la galerie n° 1, au voisinage immédiat d'une cote 2 033 m. La coupe des terrains de bas en haut est la suivante : 1) grès vert à patine rouille, sur lequel passe le chemin principal de la mine ; 2) calcaire métamorphique ; 3) grès vert à patine rouille dont la surface d'affleurement est doucement mamelonnée. C'est dans ce niveau que la galerie a été creusée : sa paroi ouest coïncide avec la lèvre d'une cassure offrant des stries presque horizontales (décrochement). Ces grès sont recoupés par des filons de pegmatite à gros feldspaths, filons minéralisés en molybdénite ; 4) calcaires métamorphiques formant un escarpement à angles vifs contrastant avec la morphologie des grès.

MP 11 : c'est un échantillon massif de chalcopyrite et pyrite. L'observation microscopique révèle que la chalcopyrite est en voie d'altération en covellite. La pyrite présente assez souvent des zones d'accroissement avec alternances de parties denses et de parties plus spongieuses.

Parapyroxénite Ti 10 (Chka 324) : L'échantillon est constitué de deux zones distinctes par leur coloration. L'une vert clair correspond à une parapyroxénite dont les anciens cristaux d'augite accompagnés de petits amas de stilpnomélane sont ouralitisés au contact d'un minéral opaque cubique. Elle contient en outre de la calcite, un peu de quartz, très peu de biotite et d'apatite, enfin de rares plagioclases. L'autre vert foncé est essentiellement formée d'un enchevêtrement de cristaux d'ouralite à pléochroïsme très intense, avec de très fréquents cristaux automorphes d'apatite, quelques plages de quartz et un peu de calcite.

Afin de déterminer dans les deux zones la nature du minéral désigné sous le terme d'ouralite, des diagrammes de rayons X ont été effectués. Seules les réflexions appartenant au stilpnomélane, minéral peu abondant mais bien cristallisé, ont été obtenues ainsi que quelques réflexions de l'augite surtout nettes pour le cliché effectué dans la zone vert clair.

L'étude aux infrarouges a permis de déceler entre 3 000 et 4 000 cm^{-1}, des bandes d'absorption, centrées sur 3 600 cm^{-1} qui correspondent aux vibrations des ions (OH). Ces liaisons font penser à la présence d'amphiboles mais les vibrations du squelette enregistrées dans la zone 800-1 200 cm^{-1} sont encore bien celles de l'augite, c'est-à-dire d'un pyroxène.

Les concentrations opaques cubiques de cette roche sont formées par une multitude de petits cristaux automorphes d'*alabandite* localisés dans la zone vert clair, plus rares dans la zone foncée. Au microscope métallographique ce sulfure de manganèse présente des inclusions de pyrite, de chalcopyrite, cette dernière s'altérant également en covellite. Il est associé à des lamelles de molybdénite (fig. 10, pl. 2), à la pyrite ou à la pyrrhotite et est parfois accompagné de quartz en filonnets ou imprégnant la parapyroxénite dont les anciens cristaux d'augite ne subsistent plus que sous forme d'îlots. On remarque que la taille et la fréquence des lamelles de molybdénite sont fonction de la concentration des cristaux d'alabandite. En effet ce dernier sulfure sous forme dispersée dans la parapyroxénite n'est plus accompagné que de rares lamelles de molybdénite alors que sous forme massive il se trouve en contact de larges et abondantes lames de molybdénite. Les examens en sections polies ne permettent pas d'établir de critères de succession entre les différentes phases opaques. En plaques minces, l'alabandite est toujours accompagnée de l'ouralitisation des pyroxènes. Ces ouralites présentent les mêmes caractères que celles de la zone vert sombre situées près des filonnets de quartz minéralisés en pyrite, pyrrhotite et molybdénite, ce qui laisse supposer que ce sont les venues hydrothermales qui sont responsables de l'ouralitisation.

L'alabandite pose le problème de sa genèse. Les occurrences mondiales de ce minéral montrent qu'il se présente le plus souvent en association avec sphalérite, galène, pyrite, chalcopyrite ainsi que des carbonates (dialogite) ou des silicates (rhodonite) dans des conditions de température ne dépassant pas 200°C, c'est-à-dire de type épithermal. Or la paragenèse de la mine de Tamguerd n'Isli est de type chaud.

Trois hypothèses peuvent être formulées pour rendre compte de la présence de l'alabandite : elle peut être contemporaine de la sédimentation, ou associée aux autres sulfures dans la paragenèse du molybdène, ou enfin faire partie d'une venue tardive épigénétique.

Dans le premier cas elle serait authigène mais l'alabandite n'a jamais été signalée dans les gisements sédimentaires car elle requiert pour se former des conditions physico-chimiques très spécifiques qui, d'après Krumbein et Garrels (1952), nécessitent un Eh bas ($< 0{,}3$). L'examen de la succession lithologique décrite dans cette mine montre l'existence de nombreux niveaux de tisrouimite, ancienne argilite marine faiblement marneuse ou shale noir charbonneux dont la haute teneur en matière organique conserve la trace d'un milieu réducteur qui aurait pu être favorable au dépôt de l'alabandite, mais les analyses chimiques ne révèlent pour cette roche qu'une faible teneur en MnO_2. L'alabandite n'est donc vraisemblablement pas authigène.

Source : MNHN, Paris

L'bypothèse épithermale tardive ne peut elle non plus être retenue. Lss paragenèses et successions décrites à l'échelle de la mine comprenant huit galeries tracées dans des grès à patine rouille, font apperaître une seule pbsse de minéralisation comprenant : molybdénite, pyrrhotite, pyrits et chalcopyrite mises en place dans ces formations par l'intermédiairs de filons quartzo-feldspathiques que releyent des filons de quartz. Cette paragsnèss est de type chaud (d'ailleurs de la magnétite y a été signalée). Nous avons plus haut souligné que la molybdénite était liée par des critères d'abondance et de taille des cristaux à la fréquence de l'alabandite dans la parapyroxénite décrite et que l'ouralitisation des pyroxènes était contemporaine de la minéralisation de type hydrotbermal. L'alabandite rencontrée dans la galerie 3 de la mine de Tamguerd n'lsli doit donc être considérée comme faisant partie du cortège des minéraux associés à la molybdénite. On montre ainsi que ce sulfure de molybdène peut exister et se mettre en place dans des conditions plus chaudes que ne l'expriment ses gisements classiques.

Micagrès à pyroxène (MT 28) :

MT 7 : Dans un cipolin à grain fin on trouvs de la chalcopyrite en petits amas ou en plages plus larges, associée à la pyrrhotite se transformant en marcasits. Les cristaux de pyrrhotite ont leurs bords effilochés et très sinueux.

MP 101 : Grès à pyroxène et cf. amphibole. Quartz en grains de 20 à 100 μ, ilménite et leucoxène (en amas de 20 à 300 μ), sphène, apatite, diopside incolore, prismes incolores souvent inclus dans le minerai opaque (polarisant jusqu'au bleu, extinctions de 12 à 26 °, allongement positif : cf. amphibole).

Ce grès est fortement minéralisé au contact d'un quartzite blanc. On y trouve de la pyrrhotite, un peu de chalcopyrite et quelques mouches de molybdénite. Cette minéralisation migre vers les cassures du quartzits, ce que montre la fig. 11, pl. 2.

Microscopiquement, dans le grès, la pyrrhotite abondante est dispersée suivant les plans de schistosité de la roche. Les filonnets recoupant celle-ci sont également minéralisés en pyrrhotite associée à une petite quantité de pyrite ainsi qu'à quelques mouches ds molybdénite.

MT 18 : A l'œil nu, roche grise compacte mais orientée, saupoudrée de minerai, recoupée par un filonnet de quartz présentant quelques mouches de molybdénite.

En plaque mince : mica mordoré dominant largement (il est beaucoup moins coloré que la biotite normale), quartz, plagioclases, diopside incolore, apatite, ilménits et leucoxène. Une telle roche est intermédiaire entre un micagrés et un micaschiste à pyroxène et ilménite. En section polie, la roche encaissante montre une forte concentration de pyrrhotite et chalcopyrite. Dans le filonnet de quartz on reconnaît le même type de minéralisation plutôt distribuée en taches ou en amas que finement dispersée comme dans le grès.

Galerie n° 4.

Située à environ 100 m au SSW de la galerie n° 1, entre une cote 2 054 m au NW et une cote 2 052 m à l'E. Elle est creusée dans les grès verts dont la zone d'altération couleur de rouille forme une croûte de 1 à 4 mm. Ces grès renferment des rubans ou des lentilles de calcite et sont fortement injectés par des filons de pegmatite, aplite et quartz ayant apporté la minéralisation. Un peu plus au S, les grès se chargent en biotite et sont coupés par un filon de quartz et molybdénite. Au-dessus des grès viennent les calcaires aux dépens desquels se sont formés des grenatites et qui, de plus, admettent des intercalations de tisrouimite.

Ti 5566 B : roche composée par des alternances de lits discontinus de minerai opaque (ilménite et leucoxène, spbène en coins) et de minéraux verts (pyroxène incolore en plaque mince, amphibole fibreuse, chlorite) associés à du quartz en grains ds 20 à 50 μ ou de 50 à 100 μ suivant les régions de la plaque, de la biotite et de l'andalousite en taches (5 à 12 mm) bourrées d'inclusions.

Ti 5566 A : amphibolite essentiellement constituée par de la *trémolite* en gerbes et du minerai opaque.

MT 47 : parapyroxénite feldspathisée : pyroxène incolore souvent maclé (suivant 100), microcline, minerai opaque, zoïzite. Cette roche est recoupée par un filonnet aplitique riche en chalcopyrite. Au microscope à réflexion, on voit que la minéralisation est essentiellement constituée de pyrrhotite à peu près uniformément et finement dispersée. On la rencontre parfois au contact de rares cristaux de chalcopyrite. Dans le filonnet aplitique, la pyrrhotite s'associe à de la chalcopyrite abondante et à de rares lamelles de molybdénite. On remarque que la *chalcopyrite* peut s'insinuer dans les clivages des feldspaths, elle est donc *postérieure à la mise en place de l'aplite.*

Source : MNHN, Paris

Parapyroxénite à scapolite (Chka 792) : roche nettement orientée dans laquelle le grain varie suivant les lits, quartz d'origine détritique, calcite en forte proportion (en plages et en filonnets), minerai opaque, pyroxène incolore formant des lits, scapolite incolore ou jaune très pâle en fibres flexueuses à extinction droite et allongement négatif, polarisant en gris : il s'agit de dipyre. Avant le métamorpbisme cette roche était probablement un calcaire gréseux.

Roche quartzo-feldspathique à fines veines d'amphibole (Ti 1252, galerie n° 4) : quartz formant le fond de la roche mais en cristaux peu distincts, feldspaths sans macles ni clivages, minerai opaque, ampbibole d'un vert très pâls en touffes et en feutrages, en faible proportion dans la masse de la roche mais surtout réparties dans les fissures.

On remarquera pour cette galerie la fréquence et l'abondance de la pyrrbotite et de la chalcopyrite, et celle plus réduite de la pyrite. Ces minéraux sont distribués dans les plans de schistosité de la roche. En revanche, dans les filons acides issus du granite on n'observe que quelques mouches de molybdénite associée ou non à la pyrrhotite, à la chalcopyrite et à un peu de sphalérite. Ces mêmes sulfures peuvent se rencontrer dans les grès mais leur présence est toujours en rapport avec de fines cassures souvent remplies de quartz.

Les apports minéralisés issus du granite et véhiculés par les filons quartzo-feldspathiques relayés par des filonnets de quartz sont dans l'ensemble assez réduits dans cette galerie n° 4. Par contre, la distribution abondante, homogène et finement dispersée de la pyrrhotite (accessoirement associée à la cbalcopyrite dans les grès) suggère une formation antérieure à la mise en place des filons quartzo-feldspathiques qui sont relativement peu riches en ces minéraux.

Galerie n° 5.

Nous n'avons aucun échantillon de ce grattage établi dans des grès recoupés par un filon de quartz à molybdénite : entre une cote 2 050 (au N) et une cote 2 065 (au S), à 115 m au S de la galerie n° 1.

Galerie n° 6 et puits de 7 m.

La coupe sur le flanc de la montagne est, de bas en haut :

1) grès verts sur lesquels passe le cbemin principal de la mine ;
2) calcaire blanc ;
3) banc lenticulaire de grès verts ;
4) calcaires veinés (gris et blancs).

La galerie située à 150 m au S de la galerie n° 1, à l'W d'une cote 2 070 et au N d'une cote 2 073, part dans le niveau 1 et passe en descenderie, entamant le niveau 4. Le puits vertical de 7 m débute dans les niveaux 2 et 3. Les calcaires ne sont pas minéralisés tandis que les grès le sont (de 3 à 5 %) au contact de plusieurs filons de pegmatite à grands feldspatbs. Dans la partie haute du puits, la zone la plus riche en minerai est localisée dans le niveau 3 au contact du niveau 4. A noter que les calcaires sont localement excessivement durs, ayant été silicifiés ou dolomitisés. La minéralisation en molybdénite, chalcopyrite, pyrrhotite est intéressante au niveau des pegmatites. Ce cbantier de la mine de Tamguerd n'Isli serait le plus riche en ce qui concerne la molybdénite (fig. 12, pl. 2).

Échantillons prélevés.

1) *dans les calcaires :*

MT 2 : le calcaire est minéralisé en molybdénite et pyrrhotite. Microscopiquement, la pyrrbotite s'associe parfois à la chalcopyrite au contact de quelques mouches de molybdénite.

MP 109 : échantillon montrant une partie de skarn à pyroxène et une partie de granite.

Plaque mince dans le granite : quartz, orthose-perthite, microcline, ilménite et leucoxène, apatite, calcite, pyroxène jaune pâle bordé par de l'ouralite verte, amphibole incolore.

Le skarn contient de petites mouches de pyrrhotite et accessoirement de molybdénite ; en revanche, celle-ci se présente en beaux amas au niveau d'une zons feldspathique.

Source : MNHN, Paris

Cornéenne à pyroxène et amphibole (MT 46) : roche hétérogène et lourde avec mouches de molybdénite. Calcite, minerai opaque ramifié (cf. ilménite), leucoxène, pyroxène, amphibole fibreuse faiblement pléochroïque, chlorite, plagioclase.

2) *Roche calcaire à pyroxène et grenat* :

MT 47 : dans les cassures de cette roche, on rencontre la molybdénite et la chalcopyrite. Microscopiquement, la molybdénite en beaux amas est associée à la chalcopyrite. On observe de rares plages de pyrrhotite.

MT 22 : échantillons composites comprenant :

— *un cipolin*, calcite dominante avec, localement, des clivages courbes, diopside, minerai opaque, leucoxène, plagioclase, orthose-perthite ;

— *un skarn à pyroxène et grenat* : pyroxène incolore, grenat jaune à vert pâle, chlorite, calcite, sphène, plagioclases poecilitiques à macles floues ; localement un peu d'albite.
Roche calcaire à diopside avec de beaux placages de molybdénite. Microscopiquement, on observe des lames de molybdénite. La pyrrhotite est associée presque toujours systématiquement à la chalcopyrite.

3) *Roche gréseuse.*

— *un grès métamorphique à pyroxène et amphibole* : quartz d'origine détritique en grains de 20 à 200 μ, pyroxène en cristaux de 200 μ, amphibole incolore atteignant 250 μ, minerai opaque. Cette roche comporte des lentilles composées de menus éléments (principalement l'amphibole et le minerai opaque) mais où le grain est plus gros.

MT 47 : Fragment de roche gréseuse recoupée par un filonnet aplitique conservant quelques zones carbonatées. Dans la partie gréseuse la pyrrhotite et la chalcopyrite « suivent » la schistosité de la roche tandis que, dans le filon aplitique, la molybdénite forme de petits amas souvent associés à la pyrrhotite xénomorphe, à la chalcopyrite et à la pyrite.

4) *Échantillons prélevés dans des filons quartzofeldspathiques* :

Ti 2723 : Parapyroxénite amphibolique associée à une pegmatite à gros grains incluent des fragments de calcaire et à une passée gréseuse minéralisée en pyrrhotite. La molybdénite inégalement distribuée dans la pegmatite est principalement concentrée au contact de la formation gréseuse. On signalera dans cet échantillon la présence d'un peu de *fluorite violette* à côté d'un amas de calcaire. L'étude microscopique montre dans la pegmatite de belles plages de pyrrhotite associée à la chalcopyrite ainsi qu'à un peu de molybdénite.

Ti 2725 : Parapyroxénite feldspathisée associée à une roche aplitique dont les fissures sont remplies de calcite, de très belles imprégnations de molybdénite et de chalcopyrite.

Au point de vue microscopique on constate que l'aplite renferme de la pyrrhotite associée à la chalcopyrite. On y observe en outre une fine dispersion de cristaux de pyrite ainsi que quelques touffes de molybdénite.

Galerie n° 7.

Située à environ 212 m au S de la galerie n° 1, à l'altitude 2 082 m (au S d'une cote 2 083 et à 37 m au SE de l'emplacement de la forge en 1940), elle est creusée sous le chemin principal de la mine, près d'un lacet en descente, dans les grès. Ceux-ci sont injectés par des filonnets aplitiques qui ont apporté de la molybdénite en gros nids mais beaucoup moins de pyrite et de chalcopyrite.

MT 49 : roche aplitique fortement imprégnée de molybdénite en amas diffus. Par place elle est en cours de transformation en molybdite pulvérulente d'un jaune orangé. En sections polies, la molybdénite est associée à de petits filonnets de pyrite et de goethite ou parfois d'hématite, ces derniers minéraux se trouvant dans les fissures de la roche. La fig. 13, pl. 2, montre la molybdénite imprégnant l'aplite.

Galerie n° 8.

Située à 337 m au S de la galerie n° 1, immédiatement à l'W d'une cote 2 092 m.

Nous n'avons pas d'échantillons de cette galerie établie dans des grès métamorphiques à biotite, coupés par des filons de quartz à molybdénite.

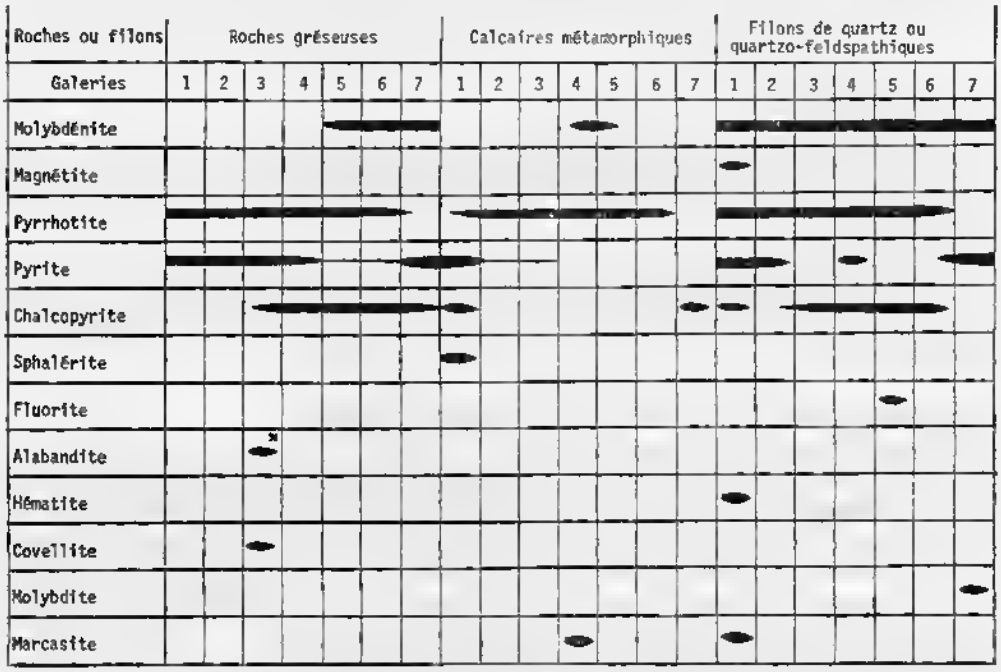
Source : MNHN, Paris

Ti 2228 : A 50 m sur la rive droite d'Irhzer n'Isli, sur le chemin de la mine. Dans cette roche d'aspect schisteux, on observe en section polie de la pyrite abondante en plages très fracturées ainsi que de nombreuses petites surfaces de chalcopyrite.

Conclusions sur la répartition des minéralisations dans le gîte de Tamguerd n'Isli

Il y a lieu de distinguer les minéralisations situées dans les grès, celles des calcaires, enfin celles des filons quartzeux et quartzo-feldspathiques (aplitiques et pegmatitiques) qui recoupent ces formations. Un diagramme établi en fonction des galeries et des niveaux traversés en donne une meilleure représentation :

TABLEAU 1. — *Répartition des minéraux dans la mine de Tamguerd n'Isli*



* dans une parapyroxénite

1) *Dans les grès.*

Les mineurs ont remarqué une zonalité dans la répartition des minéralisations des grès :

— au sommet, près du toit calcaire, la *chalcopyrite*, la pyrite et la pyrrhotite l'emportent sur la molybdénite ;

— plus bas, existerait une zone de *concentration maximum de la molybdénite* où la pyrrhotite et la chalcopyrite sont pratiquement absentes alors que la pyrite a encore été identifiée ;

— près du granite, il semble y avoir une zone sans chalcopyrite, avec molybdénite, pyrite, pyrrhotite, magnétite.

On a également reconnu l'influence de la position dans l'espace de la surface supérieure du granite sur les diverses zones de minéralisations, car ce contrôle topographique, oblique par rapport à la stratification, peut être modifié s'il existe des pointements de granite perturbateurs du schéma théorique, comme par exemple il en existe au point de coordonnées 183,94 — 427,70 (voir la carte au 1/20 000). L'étude du diagramme de la répartition de la minéralisation dans les grès en fonction des différentes galeries fait apparaître les données suivantes :

Source : MNHN, Paris

— la pyrrhotite abondante, au niveau de la galerie n° 1, est associée à la pyrite. On remarquera qu'il y a peu de chalcopyrite dans cette galerie ;

— le dépôt de pyrrhotite se poursuit dans les galeries n° 2, 3, 4, 6, mais disparaît pratiquement dans la galerie n° 7 où par contre la molybdénite est abondante ;

— la chalcopyrite, rare dans les galeries 1 et 2, est relativement abondante dans les galeries 3, 4, 6, puis disparaît pratiquement dans celle portant le n° 7 ;

— la molybdénite n'est abondante que dans la galerie n° 7.

Les grès ont été considérés comme servant de « piège » à la minéralisation, notamment pour la molybdénite associée à pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sulfures apportés par les filons d'aplite, de pegmatite, de quartz, nombreux mais très minces. Il en résulte naturellement une grande dispersion de la molybdénite qui est mélangée aux autres sulfures.

Les observations que nous avons pu faire nous conduisent à une interprétation plus nuancée quant à l'origine de certains sulfures. La molybdénite est liée sans ambiguïté aux venues quartzo-feldspathiques où elle est associée à d'autres sulfures comme la pyrrhotite, la pyrite, la chalcopyrite. Cependant certains de ces derniers minéraux, dans les grès, peuvent avoir été formés en milieu sédimentaire et reconcentrés ensuite vers les filons quartzo-feldspathiques. Les conditions locales de dépôt illustrées par la présence de niveaux de tisrouimite semblent favorables à la formation de ces sulfures. Ceux-ci se déposent dans les grès verts et peuvent être observés actuellement imprégnant finement la roche en place tandis que, bien que présents dans les filons quartzo-feldspathiques, ils s'y rencontrent en moins grande proportion.

2) *dans les calcaires.*

Les minéralisations observées dans les calcaires sont identiques à celles des grès sous-jacents et à celles des apports introduits par les venues quartzo-feldspathiques. On a observé une migration limitée des sulfures concentrés dans les grès vers les niveaux calcaires qui servent de toit, mais elle s'effectue sur une faible distance et les proportions des différents minéraux sont réduites.

3) *Dans les filons quartzo-feldspathiques.*

Si l'on compare les minéralisations des grès à celles des filons quartzo-feldspathiques qui sont responsables de la mise en place des minéraux utiles, on peut dire, en particulier pour la molybdénite, qu'elle est liée aux venues acides et que si elle existe dans les grès, par exemple au niveau de la galerie n° 7, c'est toujours au contact d'apports quartzo-feldspathiques.

On rencontre de même la pyrrhotite, la pyrite, la chalcopyrite dans les filons d'aplite, de pegmatite ou de quartz, mais l'abondance de ces minéraux y est réduite par rapport à celle que l'on trouve dans les grès. On peut naturellement imaginer une migration possible de ces minéralisations sulfurées des filons vers la roche encaissante, celle-ci servant de « piège », mais comme les grès sont uniformément imprégnés de ces sulfures, même en l'absence de toute intrusion quartzo-feldspathique, il paraît raisonnable de considérer qu'ils étaient antérieurement minéralisés.

Conclusion partielle.

Dans cette optique, si l'on retrace l'histoire des minéralisations au niveau de Tamguerd n'Isli, le schéma suivant peut être proposé :

1) dans un milieu réducteur riche en matière organique comme semble le prouver la présence de la tisrouimite, il se forme de la pyrite, de la chalcopyrite et de la pyrrhotite authigènes ;

2) les formations sédimentaires subissent ensuite le métamorphisme général ;

3) les filons d'aplite, de pegmatites et de quartz minéralisés en molybdénite, pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite et alabandite se mettent en place dans ces formations.

Pour résumer, nous supposerons que la mine de Tamguerd n'Isli a connu deux étapes différentes de minéralisations : la première serait d'origine sédimentaire et aurait subi le métamorphisme régional ; quant à la seconde avec molybdène, elle serait apportée dans ce complexe gréseux à toit calcaire par des venues quartzo-feldspathiques issues du massif granito-dioritique du Tichka.

Source : MNHN, Paris

La mine de Figri
(dite aussi de Figri-bas ; voir la carte géologique Alekjane-Tagmont au 1/20.000e)

La village de Figri (1, p. 64), rive droite d'Asif Agounsane, est bâti sur le Quaternaire qui se trouve en contre-bas des terrains métamorphiques enclavés dans le massif granito-dioritique.

Sur les pentes inférieures (Est) du J. Azegza (cote 2 762 m) et au col d'Amguerd n'Aït ou Brahim, il a été établi 8 galeries principales ainsi que quelques grattages dans les terrains métamorphiques qui sont en couches redressées. Ils comprennent des roches charbonneuses, des grès, des calcaires transformés en cipolins, des amphibolites, des grenatites, des skarns et des micaschistes. Ces couches dessinent des chevrons sur la montagne et sont recoupées de granite, de filons d'aplite, de quartz et de venues basiques. Ces dernières semblent n'avoir aucune relation avec la minéralisation. Il y a une bande principale de skarns de direction N 30°E, bande discontinue mais que l'on suit depuis Asif Agounsane jusqu'aux galeries les plus éloignées de ce cours d'eau, c'est-à-dire sur au moins 800 m.

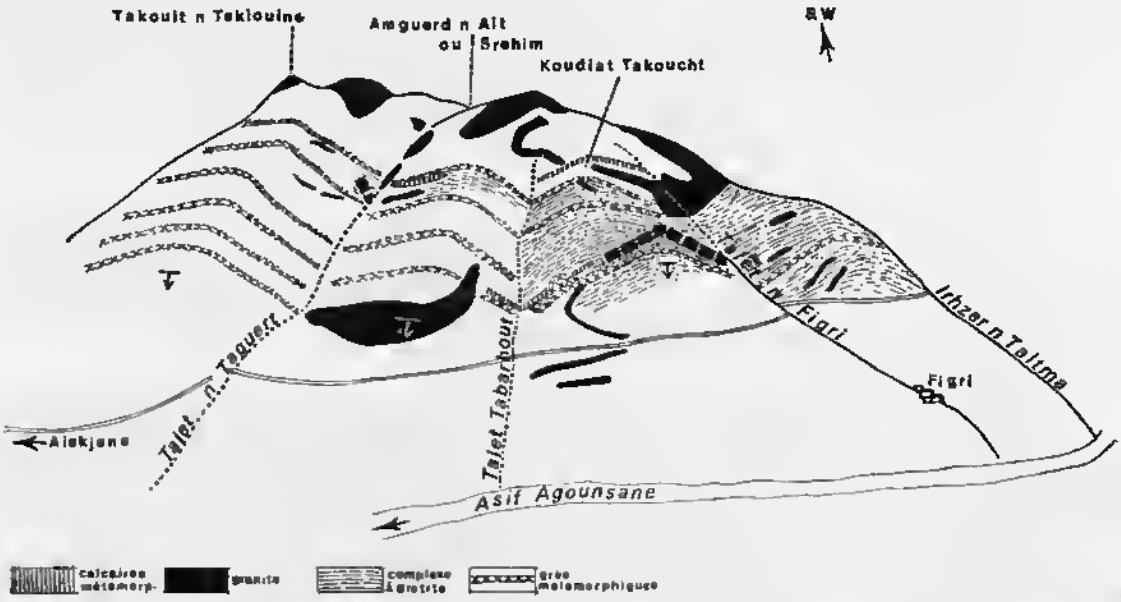


Fig. 3. — Position, sur le terrain, de Figri (= Figri-bas).

Principaux types de roches

Voici quelques diagnoses de plaques minces.

Roches chloriteuses.

Chloritoschistes (Ti 2222, flanc N du J. Fouisguer (= Fouizeguer, éminence su S ds Tsmkadout, I, p. 64). Roche constituée presque uniquement par de la chlorite qui, en plan, se présente comme une juxtaposition de petits rectangles et par un peu de minerai opaque.

Roches charbonneuses.

Pélite charbonneuse à pyroxène (Ti 5756, flanc N du J. Fouisguer). A l'œil nu, roche noire, finement vacuolaire, moins métamorphique que la tirouimite (1, p. 56). En plsque mince : quartz en individus de 20 à 50 μ mais avec des concentrations où ils ont de 100 à 150 μ ; poussière cbarbonneuse (psrfois en petits amas hexagonaux), hématite (peu), pyroxènes incolores en voie de formation, faisceaux ds fibres (pléochroïques, en jaune et brun, extinction droite, allongement positif, cf. ampbibole).

Source : MNHN, Paris

Grès charbonneux (Ti 5887, Ti 5888, Takouit n'Fousguer petit sommet à l'Est d'Amguerd Imlalene, col en granite, lui-même au S des deux branches d'Irhzer n'Isli). Roche stratifiée, quartz en grains de 10 à 50 μ (localement de 100 à 120 μ), poussière noire charbonneuse en grains tantôt de 3 à 10 μ, tantôt de 5 à 20 μ (parfois hexagonaux), poussière jaune (cf. limonite), minerai opaque (peu), rares paillettes de mica, cf. pargasite (prismes incolores, extinction de 25 à 29°, allongement positif), localement concentrations de quartz.

Cornéenne charbonneuse à amphibole et plagioclases (Ti 2573, Takouit n'Fousguer), roche à grain très fin où l'amphibole forme des faisceaux blancs de 0,5 à 1 mm, se détachant nettement sur le fond gris-noir. Au microscope : texture parallèle. Lits clairs : quartz, sphène, plagioclases. Lits sombres : poussière charbonneuse, minerai opaque abondant, amphibole incolore (extinction de 13 à 21°, allongement positif, polarisant jusqu'au bleu : cf. trémolite).

Grès métamorphiques.

Ti 1233 : Pélite gréseuse à biotite, amphibole et tourmaline. Roche à grain extrêmement fin, quartz dominant (formant le fond de la roche) en grains de 5 à 25 μ, biotite en paillettes de 5 à 40 μ, amphibole incolore (cf. pargasite), minerai opaque abondant, tourmaline.

Cornéenne à pyroxène et amphibole feldspathisée (Ti 1210, à 200 m au-dessus du village de Figri) : quartz, minerai opaque, sphène, pyroxène, amphibole, plagioclase.

Ti 5559 (Takouit n'Takiouine, cote 1 781 au SW de Figri, voir la carte au 1/20 000) : roche orientée mais à lits très minces, quartz en grains de 10 à 50 μ, minerai opaque, limonite, cf. pyroxène, cf. amphibole.

Ti 5576 (Takouit n'Takiouine) : roche à grain fin, cassure irrégulière et patine couleur de rouille. Au microscope : quartz en grains de 10 à 50 μ, minerai opaque, poussière noire (probablement charbonneuse, en grains ou amas de 5 à 20 μ), pyroxène en cristaux de 20 à 50 μ, amphibole (prismes jaunâtres légèrement pléochroïques, extinctions de 5 à 18°, allongement positif : peut-être grünerite) ; filonnet constitué par des cristaux de diopside (englobant du minerai opaque) parfois maclés.

Ti 3223 [Cheif Ougourd Imelalene (I, p. 65), petit sommet d'altitude 1 850 m au SW de Figri et dominant la partie haute cultivée d'Imlill]. Roche à grain fin composée de quartz en grains de 5 à 50 μ, d'une amphibole incolore en plaque mince (cf. cummingtonite) et de leucoxène.

Ti 1443 (Cheif n'Figri) : grès amphibolique, quartz d'origine détritique ; amphibole en cristaux assez trapus, grosso modo ovales, se terminant par des pointes effilées, légèrement pléochroïques (vert pâle ou incolore) et bourrés d'inclusions (il s'agit peut-être de cummingtonite) ; minerai opaque ; limonite, sphène ; un peu de biotite.

Ti 1477 (Cheif n'Figri), *micagrès à biotite et andalousite.*

A l'œil nu, roche montrant des taches de 2 à 5 mm. Au microscope : quartz en grains de 10 à 150 μ constituant le fond de la roche ; minerai opaque ; les taches sont formées par de l'andalousite mais celle-ci renferme énormément de quartz et de biotite ; biotite très pléochroïque, en paillettes alignées en dehors des taches (non alignées dans les taches) ; en bordure des taches, les biotites se pressent en cristaux serrés les uns contre les autres.

Ti 1429 : *Micagrès à biotite, amphibole et cf. staurotide* (un peu au N de Figri).

Au microscope : quartz en grains de 50 μ à 1 mm ; biotite ; hornblende (pr. p. épigénisée en épidote) ; ilménite et leucoxène ; apatite ; orthose ; plagioclase atteignant 2 à 3 mm et poecilitiques (renfermant des inclusions de quartz) ; minéral de 1 mm à surface chagrinée, pléochroïque (en brun acajou et orange) polarisant dans sa couleur, renfermant de nombreuses inclusions de quartz et de feldspaths : cf. staurotide.

Roches à pyroxène.

Grès métamorphique à pyroxène et dipyre (Ti 2692, Irhzer Imlalna, ravin immédiatement au N de Figri). A l'œil nu, roche très régulièrement litée. Au microscope : quartz en grains de 20 à 200 μ, diopside incolore, minerai opaque, sphène, dipyre en prismes dépassant 3 mm de longueur et renfermant des inclusions de pyroxène.

Skarn gréseux à pyroxène et grenat (Chka 867) : quartz constituant le fond de la roche, calcite, minerai opaque, pyroxène, grenat.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 500) : Pyroxène dominant, grenat jaune très pâle, quartz (très peu), minerai opaque (très peu), plagioclase (peu).

Source : MNHN, Paris

Amphibolites.

Ti 2683 (Irhzer Imlalna, ravin immédiatement au N de Figri) : roche litée à grains fins formée de lits blancs (quartz d'origine détritique) et de lits verts (amphibole faiblement pléochroïque, apatite).

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 5855, un peu au S de Figri) : en plaque mince, roche non orientée, quartz en grains de 20 à 50 μ, ilménite et leucoxène (abondant), bornblende en prismes de 40 à 400 μ, plagioclases (1 à 2 mm).

Diorite.

Ti 1457 (Iguè Ifri n'Tamkadout) : au microscope, roche grenue à grain moyen, bornblende dominante ; andésine à 44 % An ; biotite, chlorite, ilménite en grilles.

Diorite quartzique à pyroxène (Ti 1333, Figri) : roche grenue claire, andésine, quartz peu abondant bourré d'inclusions, pyroxène (à clivage très serré), apatite, sphène.

Diorite micacé (Ti 5978, bord du Talet n'Taguert) : ilménite et leucoxène, bornblende, biotite, épidote jeune citron (pistachite), andésine à 43 % An.

Étude des chantiers

Galerie n° 1

Altitude un peu inférieure à 1 300 m. Elle est située près d'Asif Agounsane (ou Igdal ou Azarif), rive droite, juste au niveau de l'eau si bien qu'elle se trouve fréquemment inondée.

Après un filon-couche de quartz à molybdénite de 1 m de puissance, on traverse des skarns injectés de pegmatite à molybdénite et chalcopyrite, puis des micaschistes et des skarns à grenat dominant coupés par plusieurs filons-couches de granite et de quartz.

Plaques minces.

Granite à biotite (Chka 640) : quartz, plagioclase, micropegmatite fréquente ; orthose-pertbite ; microcline ; biotite avec auréoles pléochroïques ; amphibole (peu).

Granite à amphibole (MT 32) : structure grenue de grain moyen à gros ; quartz (avec inclusions doubles) ; andésine ; feldspath zoné ; orthose ; bornblende (avec individus maclés sur (100) ; chlorite ; minerai opaque ; sphène, calcite (probablement arrachée à un terrain sédimento-métamorphique).

Veines quartzo-feldspathiques (Chka 313) : quartz dominant, andésine, hornblende, chlorite, zoïzite, apatite, plagioclases, hématite, minerai opaque digité ou effilochè : molybdénite.

Ti 1251 : quartz à nombreuses inclusions, plagioclase, minerai opaque effiloché : molybdénite.

Cornéenne à biotite et diopside (MT 44) : biotite, apatite (en prismes de 60 à 65 μ) ; ilménite et leucoxène (granuleux) ; diopside.

L'échantillon est traversé par une veine de quartz à molybdénite.

Surfaces polies.

Galerie n° 1 creusée rive droite d'Asif Agounsane, à 5 m au-dessus du niveau de l'eau, dans les micaschistes qui sont traversés par des filons de granite et de quartz.

MT 32 et Chka 313 : le granite aplitique à amphibole (MT 32) englobe des zones vertes à diopside qui contiennent encore de la calcite car, à leur niveau, on observe une effervescence avec HCl. Il est recoupé par des filonnets quartzo-feldspathiques (Chka 313) à grains plus gros. A l'œil nu, seule la partie aplitique fine paraît minéralisée en pyrrhotite associée à la chalcopyrite sous forme d'amas plus ou moins allongés. La molybdénite se présente en larges plages ou en mouches.

Microscopiquement, elle est dispersée en petites touffes et généralement associée à la pyrrhotite. Celle-ci renferme parfois de la chalcopyrite mise en place postérieurement. Ceci est particulièrement bien visible sur la fig. 1, pl. 1 où l'on voit, dans la partie supérieure droite de la photographie, une figure de remplacement en dent

Source : MNHN, Paris

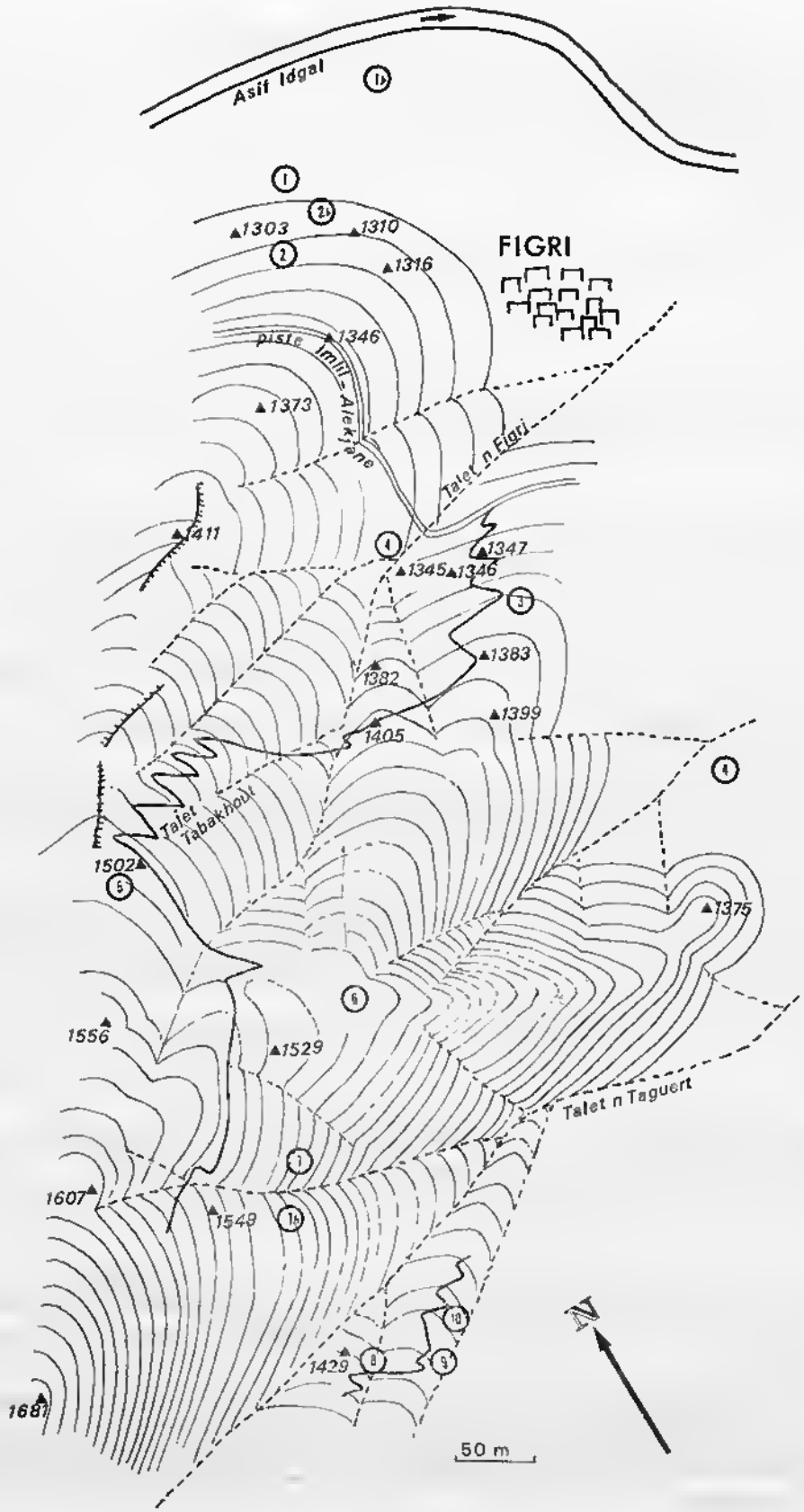


Fig. 4. — Travaux de Figri-bas

Source : MNHN, Paris

de scie de la pyrrbotite par la chalcopyrite. Ce remplacement se fait suivant la même direction dans tout le cristal. On remarquera également sur ce cliché la présence d'une petite plage de sphalérite que la chalcopyrite semble également remplacer.

Pour cet échantillon, nous proposons la succession suivante :

molybdénite
pyrrhotite
sphalérite
chalcopyrite

A 15 m en amont de la galerie, les micaschistes sont injectés par des filons de pegmatite épais de 3 à 4 m.

Grattage 1 bis.

Situé en aval de la galerie n° 1, il a mis au jour un petit amas d'aplite et une cornéenne à diopside avec quelques mouches de molybdénite.

Galerie n° 2.

Altitude environ 1 305 m. En aval de Irhzer n'Taltma et au-dessus de la galerie n° 1, elle suit des bancs de skarns, de grenatites à diopside et de calcaire à wollastonite injectés de quartz et d'aplite, au milieu des micaschistes.

Comme dans la galerie n° 1, nous ne possédons qu'un seul échantillon minéralisé :

Venue quartzo-feldspathique (aplite) (Chka 310) : quartz, plagioclase, minerai opaque digité : molybdénite.

Venue quartzo-feldspathique (MT 34) : Quartz, plagioclase, ilménite et leucoxène, diopside, calcite (probablement venant du terrain encaissant).

Chka 310 bis : comme dans la galerie n° 1, celle-ci conserve de petites plages riches en diopside. La patine de la roche à l'affleurement est couleur de rouille. La minéralisation consiste en de nombreuses concentrations de molybdénite digitée ou effilochée, avec, très sporadiquement, un peu de pyrrbotite.

L'observation en section polie confirme l'existence de petits amas isolés de molybdénite. On remarque qu'elle se situe toujours au contact de zones riches en quartz dans des parties où les feldspaths sont séricitisés et où l'on rencontre des minéraux comme le sphène et la calcite. La minéralisation succède donc à la mise en place des aplites dans les bancs de skarns. Elle conserve généralement des reliquats de roche non assimilée riche en diopside et en calcite.

Wollastonitite à grenat et diopside (Ti 3186) : wollastonite, calcite, grenat, diopside, quartz.

Grattage n° 2 bis.

Un peu à l'E d'une ligne joignant les galeries n° 1 et 2, à environ 1 300 m d'altitude et 12 m au-dessus d'Asif Agounsane. Mêmes terrains que dans la galerie n° 2.

Galerie n° 3.

(Altitude environ 1 370 m). Elle est située dans Talet Tabaghout, affluent d'Asif Agounsane, et suit les couches qui sont assez variées : grès métamorphiques, micaschistes et cornéennes à biotite, de direction N-S, pendage de 80° vers l'E. Au dessus de l'entrée il y a des filons d'aplite renfermant un peu d'arsénopyrite.

Grès métamorphique (Chka 136) — A l'œil nu, roche claire à grain fin, compacte. Au microscope : quartz en mosaïque en grains de 100 à 300 μ ; plagioclases peocilitiques (à enclaves de quartz) à contours dentelés et atteignant 600 μ ; microcline ; *micropegmatite* abondante ; mica blanc ; minerai opaque. Nous ne possédons aucun échantillon minéralisé de cette galerie où ont été signalés la molybdénite et la chalcopyrite. Sur le terrain, cette roche passe à un gneiss.

Source : MNHN, Paris

Galerie n° 4.

(Altitude 1 345 m). Elle est établie dans le thalweg du ravin de Figri, à 100 m en amont du village. Longue de 15 m, elle suit deux cassures de direction 220° et elle entame des micaschistes et des grès à biotite renfermant de la pyrite. Les couches ont une direction W 30°N et un pendage N 30°E de 50°. Ici les échantillons minéralisés sont plus variés. Nous trouvons des aplites, des skarns ainsi qu'une brèche.

Aplite (MT 48) : roche grenue en grains de 50 μ à 1,2 mm ; quartz dominant ; andésine ; hiotite verte, sphène, diopside (avec bordure d'ouralite vert pâle) et calcite arrachés à l'encaissant.

Venue quartzo-feldspathique (Ti 1352) : quartz formant le fond de la roche mais en cristaux peu distincts ; feldspaths sans macles ; minerai opaque ; amphibole répartie sur des fissures.

Micagrès à pyroxène (MT 28) : quartz en grains de 50 à 100 μ, hiotite, chlorite, minerai opaque, apatite, diopside (peu), plagioclase ; fissure remplie de chlorite en lames perpendiculaires aux parois.

Cornéenne gréseuse à pyroxène et amphibole : quartz (de 10 à 100 μ) à nombreuses inclusions ; diopside incolore en grains, suivant les zones, de 10 à 50 μ ou de 250 à 500 μ, amphibole faiblement pléochroïque, ilménite et leucoxène, plagioclase en proportion assez forte.

Skarn à pyroxène et grenat, feldspathisé (MT 40) : pyroxène (incolore ou vert pâle), calcite, grenat d'un jaune très pâle, minerai opaque, sphène en coins, quartz (peu), feldspath à macle simple, plagioclases (peu)

Pyroxénite (Ti 5923) : quartz d'origine détritique en grains de 20 à 150 μ ; diopside incolore en proportion comparable à celle du quartz, plagioclases.

Parapyroxénite (Ti 6500) : diopside dominant, calcite, sphène, plagioclases.

Il faut noter que dans la galerie n° 4 et dans ses abords immédiats les roches sont souvent *plissotées*. Par exemple, Ti 5882 : roche métamorphique complexe, composée de lits violets, de lits blancs et de lits verts. C'est dans ces derniers que l'on observe des mouches de molybdénite. Cette roche dessine une charnière.

Parapyroxénite gréseuse feldspathisée (Ti 5882, Talet n'Figri, à 100 m en amont du village, galerie n° 4) : quartz en grains de 40 à 150 μ, pyroxène incolore, ilménite et leucoxène, hématite, plagioclases à macles peu distinctes. Cette parapyroxénite, qui contient des mouches de molyhdénite, est un des éléments d'une roche métamorphique complexe plissotée offrant de nombreuses charnières.

Parapyroxénite amphibolique (Chka 688) : quartz (peu), minerai opaque, pyroxène s'altérant en une substance brune, amphibole, épidote, zoïzite, chlorite.

Étude en surfaces polies.

MT 48 : 1) *aplite* à grain fin présentant des mouches de molyhdénite et des placages de pyrrhotite dans ses joints. L'étude microscopique montre la pyrrhotite en cristaux xénomorphes aux bords fortement sinueux et déchiquetés et, à son contact, un peu de pyrite.

MT 28 : 2) *dans une brèche d'un micagrès* blanc à ciment d'arsénopyrite, l'observation microscopique révèle qu'en dehors de ce minéral opaque il existe dans les cassures un peu de pyrite automorphe et de chalcopyrite. Il contient des inclusions d'*argentite* souvent associée à de l'*argent natif*. La fig. 2, pl. 1, montre ainsi des inclusions d'argentite gris foncé dans l'arsénopyrite avec parfois, comme sur la fig. 3, pl. 1, l'argentite, minéral ne possédant pas un bon poli, associée à de l'argent natif fortement réfléchissant.

3) *Skarn à pyroxène seul*

Ti 9 : un skarn à pyroxène injecté d'aplite est minéralisé en molyhdénite. L'observation microscopique permet de préciser qu'il existe également un peu de pyrrhotite et de pyrite disséminées. La molybdénite semble liée à la venue quartzo-feldspathique qui imprègne une partie de la roche.

MT 4 : un autre skarn à pyroxène montre une minéralisation finement dispersée de molyhdénite. On note la présence de pyrrhotite en grains xénomorphes, d'un peu de galène, de chalcopyrite et de pyrite. On rencontre également de la sphalérite associée à la chalcopyrite. Les cristaux de pyrite sont généralement automorphes.

Source : MNHN, Paris

4) *Skarn à diopside et grenat*

MT 132 : cette belle roche rose et verte, dont les parties roses correspondent au grenat et lee vertee au diopside ferrifère renferme de la molyhdénite et un peu de sphalérite. L'observation microscopique fait apparaître une dispersion des amas de molybdénite. On voit de nombreux petite cristaux de galène, de chalcopyrite (généralement au contact de la molybdénite), quelques grains automorphes de pyrite et de la sphalérite contenant dee inclusione de chalcopyrite. Si l'on tient compte des critères permettant d'établir une euccession, il semblerait que la galène soit antérieure à la ephalérite. La suite serait la euivante :

molybdénite
pyrite
galène
sphalérite
chalcopyrite.

Ti 5293 : comme dane l'échantillon précédent, c'est une roche rose et verte ruhanée, finement pliseotée et minéralisée de quelquee mouches de molybdénite. L'observation microscopique fait apparaître de très petite cristaux de pyrrhotite, de molyhdénite et de pyrite, un peu de ephalérite (avec dee exsolutione de chalcopyrite) et quelques amas de chalcopyrite et de galène. Tous ces minéraux sont finement dispersés ou se présentent en concentrations alignées suivant le schistosité.

Recherche 4 bis.

Rive droite du Talet n'Figri, à l'altitude de 1 344 m. Roche oxydée, pyriteuse, ne présentant pas de minéralisation intéressante. A 200 m au-dessus de la galerie n° 4, un début de tranchée a mis à nu des grenatites à molybdénite, pyrite et chalcopyrite. Les couches ont une inclinaison variable mais toujours au S ; de plus, elles ont subi des cassures verticales E-W sur les paroie desquelles on voit des stries plongeant à 10° vers le S. Il y a là une brèche à ciment de pyrrhotite.

Sur l'éperon entre Talet n'Figri et le ravin situé plus au S, Talet n'Taguert, on peut voir une bande de grenatites (direction NW, pendage NE à 20°) intercalée dans les micaschistes et injectée d'aplite et de quartz (non loin d'un affleurement de granite à amphibole avec pegmatite à amphibole).

Galerie n° 5.

Altitude 1502 ; longue de 12 m, elle se situe entre Talet Tabaghout et Talet n'Taguert. Les couches (direction N-S, pendage E à 45°) eont des micaschistes, des cornéennes et des micagrés où l'on trouve molybdénite, pyrite et chalcopyrite, Veines de quartz à malacbite.

Diopsidite (Ti 5904) : c'est une rocbe pratiquement monominérale, diopside, quartz (rare). Nous n'avons pas d'échantillons minéralieée de cette galerie.

Cf. *Parapyroxénite* (Ti 2220 B) : rocbe orientée ; quartz en forte proportion, pyroxène, amphibole, chlorite (formée aux dépens du pyroxène), plagioclaee, cf. zoïzite.

Dolérite chloritisée (Ti 2220 A : Talet Tebaghout, près de la galerie n° 5) : plagioclaeee orientée en tous eens, apatite, ilménite et leucoxène, épidote, chlorite dominente (épigénisent très probablement de l'augite), calcite secondaire.

Galerie n° 6.

Altitude 1 520 m ; elle est située entre Talet Tabaghout et Talet n'Figri. sur la crête de K^{at} Takoucht. Dès son entrée, elle traverse un granite gneissique à biotite et amphibole (grain de 1 cm) qui pénètre dans des micaschistes plus ou moins gréseux et renferme des enclavee à grain fin, riches en minéraux ferro-magnésiens. Ce granite eet lui-même recoupé par des aplites. Plus loin on rencontre des grès métamorphiques passant à des cornéennes injectées d'aplite et de quartz à molybdénite. En e'éloignant encore de l'entrée, on atteint des amphibolites à grenat. Nous possédons un bon échantillonnage des différentes formations dont les skarns sont considérée comme recélant une minéralisation riche en molybdénite. Celle-ci imprègne sur une certaine épaisseur eurtout les grèe et lee cornéennes au contact dee filons quartzo-feldspathiques ou du granite.

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

MT 45 : échantillon possédant une partie granite et une partie parapyroxénite.

— Partie granite à pyroxène : quartz, andésine, microcline, pyroxéne jaune-gris verdâtre très pâle, minerai opaque, micropegmatite, sphéne.

— Partie parapyroxénite : pyroxéne, minerai opaque, sphène, quartz (ni biotite, ni amphibole).

Granite à cf. pyroxène (Chks 378 = MP 24, galarie n° 6) : rocbe grenue, quartz, plagioclase, pyroxène, molybdénite.

Cornéenne à pyroxène et amphibole (MT 29, galerie n° 6) : roche lourde, grenue. Au microscope, quartz en individus craquelés à nombreuses inclusions souvent alignées, pyroxéne, amphibole légèrement pléocbroïque et poecilitique, biotita (peu), plagioclases à angles d'extinction trés faibles dans la zone de symétria, orthoseperthite. Cette roche est injectée par du granite.

Cornéenne gréseuse à pyroxène et amphibole (Ti 2225) : quartz en grains de 15 à 20 μ (localement 250 μ), muscovite, minerai incolore, diopside, ampbibole incolore, zoïzite.

Cornéenne gréseuse à pyroxène (Chka 311) : quartz en fragment anguleux avec des apopbyses (20 à 150 μ) formant, suivant les zones, de 1/3 à 1/2 de la roche, pyroxène jaune ou vert très pâla, biotite, chlorite, ilménite et leucoxéne, sphène en coins, plagioclases (ranfermant des enclaves octogonales de pyroxène), microcline, molybdénite.

Surfaces polies.

1) *Dans le granite.*

Chka 378 A (= MT 29) : l'écbantillon de granite se trouve au contact d'une cornéenne ; la molybdénite qu'il renferme s'altère en ferri-molybdite (produit jaune pulvérulent) dont la naturs minéralogique a été vérifiée aux rayons X. L'observation microscopiqua permet de constater qu'il existe de petits cristaux automorphes de pyrite, surtout abondants dans la cornéenne. On voit aussi des plages xénomorpbes de cbalcopyrita, des amas concentriques de marcasite ; on note qua la cbalcopyrite est en voie de transformation an covellite. Les larges plages de molybdénite sont situées sur les bords de filonnets aplitiques qui imprègnent trés finement la roche.

Chka 378 B : C'est un granite au contact d'un micaschiste assez feldspathisé, fortement minéralisé en molybdénite qui s'altére en molybdite jaune. L'observation microscopique n'a permis de voir qus ca sulfura et un peu de goethite dans la partie rougie du granite.

MP 25 : un fragment de granite au contact d'un micaschiste présente une surface rubéfiée et montre de belles plages de molybdénite. L'examen microscopique permet de préciser que si la minéralisation en molybdénite suit essentiellement une zone quartzeuse, la partie située à la limite du granite et de la zone du micascbiste est minéralisée en d'autres constituants tels que la chalcopyrite en voie de transformation en covellite, la marcasite et un peu de pyrite automorphe.

2) *Dans une brèche.*

MT 29 : la fig. 4b, pl. 1, donna une bonne idée de l'aspect de cette rocbe. Sur la photo, les parties blancbes à contour anguleux sont constituées de quartz parfois en larges plages, noyées dans une venue quartzo-feldspathique dont les fissures sont remplies de malachite. Autour de ces amas quartzeux et feldspatbiques, on observe des plages d'un gris moyen, de contour plus ou moins rectangulaire, formées da magnétite. Le ciment de la brèche est constitué principalement de chalcopyrite à laquelle s'associe de la bornite qui ne subsiste parfois que sous forme d'îlots. Sa structure maillée (fig. 4 a, pl. 1) aux cloisons formées de goethite et de covellite apparaît en noir sur la photographie. L'observation microscopiqus permet de préciser certains points. La magnétite est martitisée et se transforme en hématite. Elle se présente toujours en beaux cristaux automorphes dont les bords sont quelquefois arrondis. Elle peut être remplacée par la bornite comme le montre la fig. 4 c, pl. 1, où l'on observe à l'intérieur d'un cristal de magnétite une plage de bornite, elle-même remplacée par la chalcopyrite. Cette derniére s'altère largement en covellite at, à la limite des cristaux anciens, on observe une zone plus ou moins diffuse de goethite pouvant contenir éventuellement un peu de malachite. La transformation de la bornite en covellite conduit à la production de cristaux da plus granda taille que ceux issus de la chalcopyrite. La succession proposée serait la suivante :

Source : MNHN, Paris

magnétite
bornite
chalcopyrite
covellite, goethite, malachite } (produits d'altération)

3) *Dans un skarn à diopside*

Chka 175 : ce skarn, qui présente des amas de diopside ferrifère, est relativement bien minéralisé en petites mouchss dispersées de molybdénite. Les zones riches en pyroxène le sont également en pyrrhotite. L'observation microscopique montre que la molybdénite est principalement localisée près des zones sombres de la roche correspondant aux amas de diopsids. Ceux-ci sont également riches en pyrrhotite à laquelle s'associe la chalcopyrite. En revanche, dans les partiss claires, on rencontre de la pyrite en grains automorphes.

MP 129 : ce skarn est bien minéralisé en molybdénite. La section polie recoupe une zone particulièrement riche en ce minéral. On y note la présence de chalcopyrite xénomorphe. Il existe de la pyrrhotite aux dépens de laquelle se forme la marcasite et la pyrite. On observe également quelques lamelles de molybdénite.

4) *Dans les amphibolites à grenat*

Les deux échantillons que nous possédons sont de petits taille.

MT 17 : il existe de la pyrrhotite en cristaux souvent xénomorphes, plus rarement automorphes, qui s'altère en marcasite (fig. 5 a, pl. 1). La chalcopyrite a été trouvée en inclusions dans la pyrrhotite ou en plus larges amas au contact de grandss plages de pyrrhotite qu'elle remplace. La molybdénite se présente parfois en petits groupes de lamelles entre lesquelles s'insinue de la chalcopyrite (comme le montre la fig. 5 b, pl. 1).

MT 53 : microscopiquement la minéralisation est localisés dans les zones sombres de la roche. On y trouve des cristaux subautomorphes de pyrrhotite. La molybdénite est très dispersée ; elle a été rencontrée (fig. 6, pl. 1) en association avec la pyrrhotite qui se trouve parfois au contact de la chalcopyrite.

Galerie n° 7 (Nord).

(Altitude 1 549 m). Sur la rive gauche de Talet n'Taguert, la galerie n° 7 s'ouvre au N, dans des gneiss granitiques à biotite et amphibole, se poursuit dans des cornéennes, des skarns et atteint des micaschistes. Au N elle est tracée dans des micaschistes qui renferment deux bancs de skarns à diopside et grenat recoupés par des pegmatites et du quartz. Ces couches dirigées N-S ont un pendage E de 45°. Nous ne possédons de cette galerie que deux échantillons de skarns à diopside.

Diopsidite (Chka 306) — Pyroxène incolore en cristaux de 5 à 6 mm, quartz, plagioclase.

Surfaces polies

MT 12 : La minéralisation en molybdénite est située aux épontes d'un filonnet aplitique ainsi que dans les zones sombres correspondant aux parties riches en pyroxène.

On observe microscopiquement de petits amas de molybdénite ainsi que de la pyrrhotite et de la chalcopyrite dans le filonnet aplitique.

Chka 306 : Cette diopsidite à gros cristaux est minéralisée en molybdénite près d'une veine aplitique. Microscopiquement, on note la présence de pyrrhotite et de petits amas de molybdénite, ainsi que celle de filonnets de goethite secondaire.

Galerie n° 7 (Sud).

Ouverte dans les micaschistes, lesquels renferment deux bancs intercalés (épais de 75 cm) de skarns verts à diopside et grenat, qui sont coupés par de la pegmatite graphique et du quartz. Ils offrent de la molybdénite et de la pyrite dans les fentes.

Galerie 7 bis.

Elle part à la même altitude et en travers-bancs dans les calcaires métamorphiques à très belles mouches de molybdénite, puis elle change de direction et suit ces couches par une galerie sur 3 m.

Source : MNHN, Paris

Galerie n° 8.

(Altitude 1 479 m). Ouverte dans le Talet n'Taguert près de la galerie n° 7. Elle recoupe les micaschistes, les grès à biotite et des bancs de roches verte et blanche, interstratifiés de granite à amphibole et de pegmatite donnant des filons-couches. Les grès renferment un peu de molybdénite. Les couches, dirigées N 20°E, ont un pendage E 20°S de 55°.

Granite à biotite et amphibole (Ti 5979) : roche non orientée ; quartz, biotite, hornblende, apatite, plagioclase à lamelles hémitropes étroites et angles d'extinction très faibles (cf. oligoclase), orthose-perthite, microcline-perthite. Le granite est au contact d'un micaschiste passant au gneiss : quartz, biotite, hornblende postérieure à la biotite (qu'elle renferme en enclaves), apatite, ilménite et leucoxène.

Venue quartzo-feldspathique (aplitique) (Chka 309) : quartz, andésine, diopside, zoïzite ; molybdénite en amas digités.

Autre plaque mince : quartz, albite, microcline, muscovite, chlorite, sphène, un peu de calcite.

Diorite quartzique et micacé (Ti 2219, Talet n'Taguert, en amont de la galerie n° 8) : roche compacte à grain fin ; ilménite et leucoxène, hornblende dominante à inclusions de minerai opaque, quartz (peu), biotite, chlorite, plagioclase en lattes damouritisées.

Diopsidite (Ti 5889) : pyroxène incolore (constituant des zones presque monominérales), grenat (localisé), quartz (localisé), traînées noires (poussière charbonneuse ?).

Diopsidite (Ti 5943) : pyroxène incolore, quartz, apatite, minerai opaque.

Skarn à pyroxène et grenat (Chka 733), un peu en aval de la galerie n° 8) : au microscope, pyroxène incolore, grenat en larges plages incolores renfermant des inclusions de pyroxène, calcite, quartz, minerai opaque, plagioclase (peu).

Parapyroxénite gréseuse feldspathisée (Chka 166) : quartz, ilménite et leucoxène, pyroxène d'un vert très pâle, plagioclase abondant. Suivant les régions de la préparation, il y a prédominance de l'un ou l'autre minéral.

Ti 5983 (en aval de la galerie n° 8) : quartz, sphène, pyroxène incolore, plagioclase abondant, orthose-perthite.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 5880) : roche orientée ; quartz, calcite, pyroxène (incolore à jaunâtre), grenat, zoïzite.

Grès amphibolique (Ti 5996) : quartz en grains de 20 à 125 μ ; amphibole incolore, biotite, chlorite, sphène.

Grès micacé à taches noires (Ti 3206) : quartz dominant en grains de 10 à 50 μ ; muscovite, minerai opaque en grains de 5 à 20 μ ; les taches noires sont des espaces où ce minéral est plus concentré qu'ailleurs.

Immédiatement en amont de la galerie 8, un filon de diorite est parallèle à l'axe du thalweg. En aval, on peut voir des skarns lités avec couches roses de grenats, couches vertes de diopside et couches blanches de calcite, coupés par une aplite.

Chka 309 : cette aplite, à grain très fin contenant des lits de diopside ferrifère vert, est minéralisée en molybdénite. On remarque que celle-ci est toujours située au contact du quartz dans des zones où les feldspaths sont fortement séricitisés et aux endroits où se localisent la calcite, la zoïzite ou le sphène.

Si les aplites sont responsables de la minéralisation, il semble que celle-ci se soit faite en deux temps :

— mise en place des filons aplitiques dans le complexe sédimento-métamorphique ;

— venues minéralisantes, altérant les feldspaths avec dépôt de molybdénite et divers autres sulfures.

Une section polie réalisée dans l'aplite montre que la molybdénite est très dispersée. Il existe de la pyrrhotite ainsi que de la chalcopyrite dans les parties sombres correspondant aux parties riches en diopside. La molybdénite se situe plutôt sur le pourtour de ces zones.

MT 13 : Dans ce skarn à diopside injecté de zones aplitiques, il existe une minéralisation en molybdénite. Microscopiquement, on constate que celle-ci forme des agrégats avec la pyrrhotite souvent associée à la chalcopyrite, en grains généralement xénomorphes.

Source : MNHN, Paris

Décapage 9 : Banc épais de skarn à diopside et grenat, renfermant quelques mouches de molyhdénite (altitude 1 469 m).

Grattage 10 : Décapage sur le même banc : un peu de molyhdénite (altitude 1 455 m).

Grattage 11 : Voisin du chemin Figri-Tamkadout. Pas de minéralisation.

Grattage 12 : Également près du chemin. Affleurement d'aplite avec un peu de molyhdénite.

Grattage 13 : N'a rien donné.

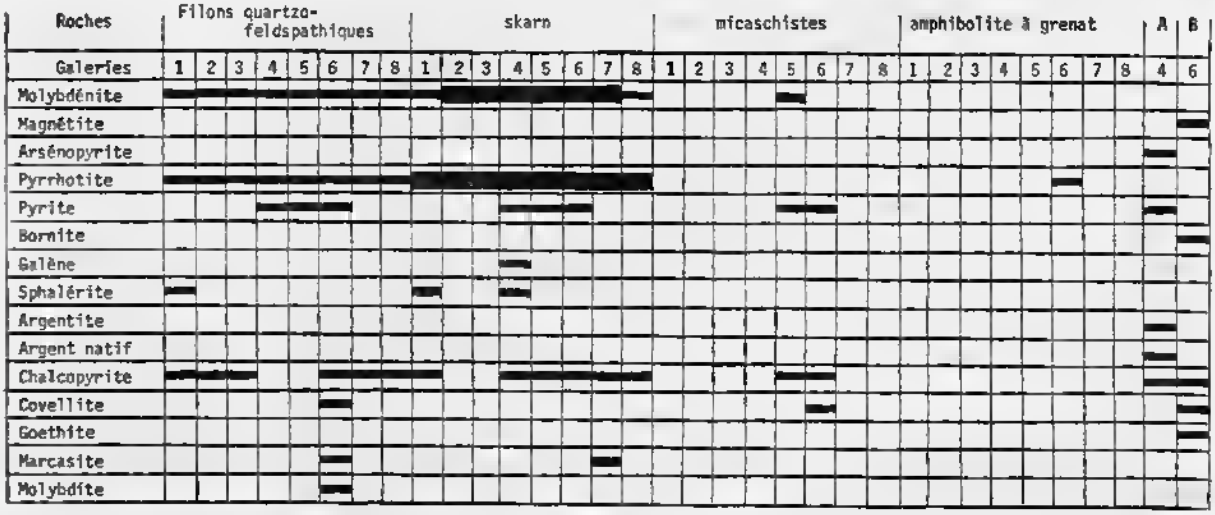
Grattage 14 : Long de 9 m et situé en contrebas du grattage 13. Roche grise renfermant des placages de molyhdénite.

Grattage 15 : Dans Talet Tamkadout, au bord du chemin, skarn à diopside et grenat avec mouches de molyhdénite.

Conclusions sur la mine de Figri

Les différents travaux effectués sur les pentes inférieures du J. Azegza à la hauteur de Figri sont établis dans un complexe de micaschistes comprenant des bancs gréseux et des niveaux de skarns à diopside ferrifère et grenat. Le granite sous-jacent peut facilement former des filons couches dans ces formations étant donné leur pendage très redressé. En outre, il existe tout un réseau d'aplites et quelques pegmatites qui s'insinuent entre les différents éléments du complexe métamorphique et qui sont responsables de la minéralisation essentiellement en molyhdénite et pyrrhotite. La molyhdénite est liée aux aplites, et les dépôts les plus intéressants se font au contact des niveaux de skarns. Le schéma de la répartition des minéralisations en fonction des roches encaissantes est assez démonstratif : il montre en particulier que l'on rencontre dans les skarns imprégnés d'aplites les mêmes paragenèses que celles observées dans les roches encaissantes au contact du granite.

TABLEAU II. — Répartition des minéraux dans le gîte de Figri



A : Brèche dans un skarn blanc
B : brèche

Le niveau de la galerie n° 4 offre une paragenèse plus complexe, avec des minéraux comme l'arsénopyrite, la sphalérite, la galène, dans une zone broyée. C'est dans la partie tectonisée de la galerie n° 6 que l'on trouve la magnétite et la bornite.

Source : MNHN, Paris

Arsénopyrite et magnétite étant des minéraux précoces, on peut penser que les fluides minéralisateurs ont atteint facilement les zones déjà ouvertes alors que dans les roches compactes, la minéralisation se poursuit à un rythme plus lent, si bien que ces minéraux ne peuvent apparaître. Seules les galeries n° 4 et 6 possèdent ce type de paragenèse. Elles sont d'ailleurs situées de part et d'autre d'un affleurement assez important de granite, lui-même imprégné de molybdénite.

Pour l'ensemble de la mine de Figri, nous proposons la succession suivante :

magnétite s'altérant éventuellement en hématite
molybdénite » » » ferrimolybdite
arsénopyrite
pyrite
pyrrhotite » » » marcasite
bornite » » » covellite
sphalérite
galène
chalcopyrite » » » covellite
argentite
argent natif

En ce qui concerne la prospection du molybdène, celui-ci devra être recherché près des aplites au contact des skarns à diopside ferrifère plutôt qu'à diopside et grenat. On s'intéressera peu aux micaschistes, aux amphibolites à grenat et aux grès, alors que, nous l'avons vu, ceux de Tamguerd n'Isli sont au contraire bien minéralisés.

Il est difficile de dégager une zonalité des minéralisations dans la mine de Figri en fonction des différents niveaux prospectés, car les couches sont fortement redressées et « flottent » sur un substratum cristallin très proche du granite. Nous pouvons cependant remarquer l'influence d'un amas de granite sur les minéralisations des galeries n° 4 et 6, l'importance des aplites et celle plus réduite des pegmatites, vecteurs du molybdène dans les différents niveaux.

ISKIMOULA — AMERCHEH — TAFEROUTA

RIVE GAUCHE DE L'OUED IMENLAOUNE

Cette région est l'une des plus intéressantes du Tichka en ce qui concerne l'origine de la molybdénite. Elle est représentée sur notre carte géologique au 1/20 000 de la région Alekjane-Tagmout, et nous l'avons décrite dans le volume I, fig. 14, p. 73 à 78.

Rappelons en quelques mots que, entre les deux failles presque Nord-Sud du J. Tirhisit (au SE) et le grand ravin Irhzer Oumdras (au NW), s'étend une bande de terrains d'origine sédimentaire mais devenue très métamorphique, car enclavée dans le massif granitique. Transversalement elle est comprise entre le sill de granite (au SW) qui passe à l'E d'Amercheh et un ensemble de roches très cristallines (diorite, complexe à biotite et amphibole) (au NE, près de Tizi Imi n Louta).

Les bancs sont grossièrement parallèles et ont une direction moyenne NW-SE. Leur pendage varie dans le détail mais il est le plus souvent de 80 à 85° vers le NE. Il y a une différence de niveau de 700 m entre les extrémités du gisement, le côté SE étant le plus élevé. La pente superficielle du versant est du NE au SW : elle est donc inverse par rapport au pendage des bancs. Cet ensemble est entaillé par deux grands ravins : Irhzer Targouine (Targouène) qui passe à Amercheb, et plus au N, Chabat Timrine.

La bande enclavée Tirhisit-Iskimoula-Agadir ou Roumi comprend des cipolins, des diopsidites, des grenatites, des skarnoïdes et des skarns à pyroxène et grenat, des amphibolites (passant au diorite), des micaschistes, des leptynolites et des gneiss à biotite.

Source : MNHN, Paris

Pour justifier et concrétiser ce que nous en avons dit, nous allons passer en revue des plaques minces dont les échantillons ont été prélevés à Iskimoula en dehors des chantiers. Ensuite nous décrirons les chantiers en fonction de l'avancement des travaux en 1940 et 1945, époque où l'exploitation était sérieusement envisagée.

Échantillons prélevés en dehors des chantiers

Aplite à pyroxène et molybdénite (Chka 305 et 305 bis) : roche nettement orientée, plagioclase dominant, quartz, pyroxène, molybdénite en amas très découpés formant des films très minces.

Granite alcalin à amphibole (Ti 1203) : texture grenue, quartz, orthose-perthite, plagioclase (peu), micropegmatite, hornblende, biotite (en inclusions dans la hornblende), apatite.

Granite à biotite (Ti 1280) : quartz, biotite, minersi opaque, mica blanc (peu), chlorite, plagioclase, microcline.

Granite à amphibole (Ti 4119) : dans cette roche la proportion des éléments blancs est environ quatre fois plus grande que celle des minéraux ferromagnésiens : quartz, hornblende (souvent maclée), ilménite et leucoxène, apatie fréquente. Dans cette préparation, il y a deux sections incolores à relief modéré et totalement éteintes en L. P. mais ne donnant aucune figure, qui font donc penser à de la fluorite : elles sont riches en inclusions.

Granite à biotite et amphibole (Ti 6428) : quartz, biotite, hornblende, minerai opaque, plagioclase, micropegmatite.

Granite à riebeckite, cataclasé (Ti 1421) : quartz, rieheckite, minerai opaque, apatite, orthose, plagioclases à macles de l'albite souvent brisées, leucoxène. Par endroits, la roche ressemble à une brèche à éléments de taille très différente, cimentés par du leucoxène. Là aussi, il y a des sections incolores, éteintes en L.P., faisant penser à de la fluorite.

Gneiss granitique à biotite (Ti 1208) : roche nettement foliée. Quartz en grains de 40 à 200 μ, formant des files, hiotite, mica blanc (très peu), plagioclase, orthose, microcline, hématite.

Gneiss granitique à hornblende (Ti 1209) : roche grenue mais avec de grandes différences dans la taille des cristaux, orientation peu marquée. Quartz, hornblende (avec inclusions de minerai opaque), ilménite et leucoxène, apatite, hiotite (peu), micropegmatite, épidote.

Granodiorite (Ti 4014) : quartz, plagioclases à macles peu distinctes, orthose, hornblende, biotite (peu), apatite, ilménite et leucoxène, chlorite.

Granodiorite (Ti 4119) : quartz, hornblende englohant quartz et minerai opaque, biotite, ilménite et leucoxène, orthose-perthite, apatite, sphène, myrmékite.

Granodiorite chloriteux (Ti 1365, Amercheh) : quartz assez abondant, minerai opaque, sphène en coins, plagioclases dominants mais damouritisés, smphibole, hiotite, chlorite abondante.

Diorite à pyroxène (Ti 747) : pyroxène incolore ou vert pâle en individus isolés, sphène en coins, andésine à 45 % An. Cette roche pourrait être appelée gabbro andésinique ou encore hélugite.

Diorite à pyroxène (Ti 4065) : roche à tendance porphyrique (feldspaths atteignant 6 mm, quartz de 150 à 500 μ), quartz, pyroxène jaune pâle et ouralite, biotite (peu), apatite, ilménite et leucoxène, myrmékite.

Diorite quartzique (Ti 5127) : affleurant sur le flanc SW d'Iskimoula en 190,25-420,80 : quartz, hornblende souvent mâclée, à inclusion de minerai opaque, ilménite et leucoxène, chlorite, plagioclases.

Diorite franc (Chka 282) : structure grenue, hornblende très pléochroïque, biotite (très peu), quartz (peu) riche en inclusions, ilménite et leucoxène, plagioclase (cf. andésine), épidote.

Dolérite à olivine (et biotite) (Chka 226) : structure ophitique, labrador à 60 % An en poutrelles atteignant 6 mm et se touchant, pyroxène brun pâle à enclaves de labrador, olivine, minerai opaque, apatite, biotite.

Parapyroxénite : roche orientée, quartz en grains de 100 à 500 μ, pyroxène vert (au microscope), plagioclase en proportion supérieure à celle du quartz (peut-être grès arkosique), minerai opaque, sphène.

Parapyroxénite gréseuse (Cbka 380) : Iskimouls-Taouti : roche finement litée, quartz en cristaux allongés (100 à 400 μ), pyroxèna verdâtre, amphibole dans certains lits, sphène.

Parapyroxénite gréseuse : quartz en grains de 30 à 200 μ, pyroxène, plagioclase. La roche est injectée par du granite à amphibole (quartz, orthose-perthite, pyroxène, amphibole, sphène en coins).

Source : MNHN, Paris

Skarnoïde à dipyre, encore très calcaire (Ti 6251) : à environ 50 m du thalweg, sur la rive droite de la branche médiane de Chabat Timerine, à 20 m au-dessus du chemin muletier Tagmout-Azroumout, il y a un affleurement de calcaires hautement métamorphiques avec du grenat rouge et du pyroxène d'un vert intense. Dans cet ensemble, la roche considérée montre au microscope de grandes plages de calcite dans lesquelles sont nés des îlots de grenat jaune pâle et de diopside ferrifère, des quartz, des cristaux de pyroxène et du dipyre, traversés les uns et les autres par des veinules de calcite.

Skarnoïde à pyroxène et grenat (Chka 636) : pyroxène vert très pâle, grenat jaune, calcite, plagioclase, sphène, quartz (localisé).

Skarnoïde à diopside et grenat (Ti 6462) : quartz offrant de belles files d'inclusions, calcite, grenat, pyroxène, hématite.

Skarnoïde à pyroxène et amphibole (Ti 6469) : pyroxène gris jaunâtre, amphibole incolore.

Skarnoïde à grenat, pyroxène et amphibole (Ti 6291, entre les chantiers 21 et 26) : grenat dominant, pyroxène, amphibole incolore, quartz, calcite.

Skarn à grenat et pyroxène (Chka 864) : grenat dominant, pyroxènes (40 à 170 μ), plagioclase.

Skarn à diopside et grenat (Ti 1390) : quartz (peu), pyroxène, grenat jaune, leucoxène, plagioclase.

Diopsidite (Ti 1245) : diopside en petits cristaux, rares plagioclases, minerai opaque, sphène.

Diopsidite quartzeuse (Chka 305) : roche orientée, quartz à très nombreuses inclusions, diopside, andésite, sphène, molybdénite en films dans cette roche.

Cf. *Orthoamphibolite* (Chka 814) : ilménite et leucoxène, hornblende (à inclusions de minerai opaque), plagioclases en petits cristaux, grands feldspaths allongés atteignant 8 à 10 mm. Bien que cette roche soit nettement orientée, nous pensons qu'elle provient d'une roche éruptive (microdiorite ou andésite) : elle ne contient ni quartz ni calcite.

Amphibolite gréseuse (Ti 997) : quartz, minerai opaque, hornblende à inclusions de minerai opaque, apatite, biotite (peu), épidote, orthose.

Grès à amphibole tectonisé (Ti 4121) : quartz à extinctions roulantes, plagioclases à macles tordues ou montrant des glissements, ilménite et leucoxène, sphène, apatite, orthose, amphibole d'un type rare (pléochroïsme : bleu, jaune pâle, incolore ; extinction de 2° à 24° ; polarisation en gris-bleu ; allongement positif). Cette roche est localement bréchique.

Grès métamorphique à pyroxène et amphibole (Ti 3144) : quartz en grains de 40 à 150 μ, plagioclases de même taille, hornblende poecilitique (100 μ à 1 mm), pyroxène (40 à 80 μ, localement 850 μ), minerai opaque.

Grès métamorphique à pyroxène et amphibole (Ti 4123) : roche nettement orientée, quartz en grains montrant souvent des apophyses, pyroxène, amphibole à grand angle d'extinction (32°, ce qui peut faire penser à Mg-hastingsite dont l'extinction se place de 27° à 44°) et qui renferme de nombreuses inclusions de quartz, leucoxène en petites masses arrondies polarisant en couleurs vives.

Grès métamorphique à pyroxène et amphibole (Ti 1203 bis) : roche nettement foliée, quartz en individus allongés (de 50 à 150 μ), diopside (de 100 à 200 μ), hornblende, minerai opaque, sphène. Cette roche métamorphique se trouve en contact avec un granite gneissique (quartz, plagioclase dominant à macles extrêmement fines), orthose, hornblende, sphène, minerai opaque.

Amphibolite (Ti 3365) : hornblende verte en porphyroblastes très découpés et poecilitiques, chlorite, zircon, plagioclases rarement maclés.

Amphibolite arkosique (Ti 5740) : quartz en grains de 100 à 200 μ, andésine en cristaux de mêmes dimensions que les quartz (donc probablement détritiques), ilménite et leucoxène, hornblende.

Amphibolite (Ti 4130) : fond de quartz en grains offrant des faces cristallographiques, hornblende verte dominante, biotite (peu), ilménite et leucoxène, porphyroblastes de plagioclases poecilitiques (englobant amphibole et biotite).

Épidotite à orthose (Ti 4135) : épidote (pistacite) dominante, ilménite et leucoxène, orthose, plagioclase, hématite.

Source : MNHN, Paris

Tizi Iminlouta

Ce col, d'altitude 2 110 m, donne accès au plateau qui porte le village d'Amatiter (au S-E) et le bled Tigouga (au NE).

Grès amphibolique (Ti 998) : quartz en grains de 50 à 100 μ, amphibole, minerai opaque, plaginclase (peu).

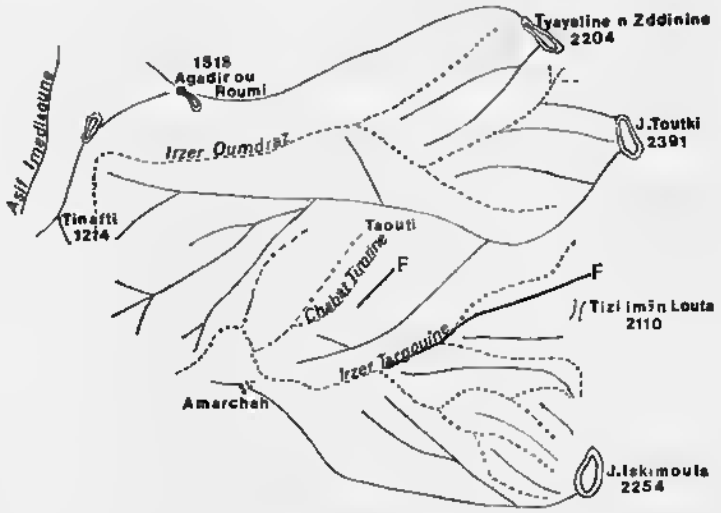


FIG. 5. — Iskimoula. 5A : les ravins de la pente comprise entre la crête d'Imin Louta — Toutki — Tyayaline (au NE) et Asif Imedlaoune (au SW).

Roches prélevées sur les berges de Irhzer Targouine

Granite à biotite (Ti 4166) : quartz, biotite, minerai opaque (en un point il encbâsse du zircon), apatite, orthose (à inclusions de quartz), plagioclases à macles floues.

Granite à biotite et amphibole (granodiorite) (Ti 6362, vol. 1, fig. 16a, p. 75) : quartz, biotite, hornblende (englobant des cristaux de minerai npaque et de biotite), minerai opaque, apatite, orthose, plagioclase.

Gneiss granitique à biotite et amphibole (Chka 745) : quartz en forte proportion, plagioclases, nrtbose-perthite, micmpegmatite, minerai opaque, biotite, hornblende. Le mica noir est souvent localisé au voisinage du minerai opaque. Il y a des espaces assez grands composés de quartz et de feldspaths.

Granodiorite (Ti 6073) : roche grenue ; quartz, biotite, apatite, ilménite et leucoxène, bornblende à inclusions d'apatite, de minerai opaque, de quartz et de biotite, plagioclase, nrthose.

Granodiorite (Ti 6362) : quartz, biotite, minerai opaque, hornblende à inclusions de minerai npaque, plagioclase, ortbose.

Granodiorite (Ti 5069) : quartz, bornblende, biotite, ilménite et leucoxène, apatite, ortbose, plaginclases à macles floues.

Granodiorite à pyroxène (Ti 5967) : roche grenue : quartz, ilménite et leucoxène, apatite, pyroxène à inclusions de quartz et de minerai opaque, amphibole, biotite, chlorite, plagioclase à macles floues, ortbose.

Granite à amphibole et microcline (Ti 4111 et Ti 6067) : quartz granitique, ilménite et leucoxène, bornblende (à inclusions de quartz et de minerai opaque), biotite altérée en chlorite (peu), plagioclase à inclusions de quartz, orthose-perthite (en fuseaux), microcline, myrmékite fréquente.

Diorite franc (Ti 6212) (Vol. I, p. 75, marqué par erreur *gabbro* sur la fig. 16d) : minerai opaque, bornblende verte (dont l'angle d'extinction atteint 27°) renfermant de nombreuses inclusions de minerai opaque, apatite, chlorite, andésine.

Source : MNHN, Paris

Diorite franc (Ti 6289) : roche grenue à fond blanc sur lequel se détachent des cristaux d'amphibole, quartz (peu), andésine (dominante), minerai opaque, apatite, hornblende.

Diorite altéré (Ti 5931) : hornblende, plagioclase damouritisé, apatite, minerai opaque, biotite, chlorite.

Diorite quartzique et micacé à grain fin (Ti 5092 et Ti 6082) : hornblende avec inclusions de minerai opaque, biotite, quartz, ilménite et leucoxène, apatite fréquente, plagioclase, andésine à 45 % An.

Diorite à gros grain (Ti 6096) : roche grenue, largement cristallisée.

Diorite micacé (Ti 4107) : hornblende à inclusions de minerai opaque, biotite, apatite, minerai opaque, andésine à 46 % An., quartz (peu).

Diorite quartzique à pyroxène (Ti 4106) : à 200 m au NW d'Irhzer Targouine, roche grenue, quartz, biotite, pyroxène épigénisé en amphibole, apatite, ilménite et leucoxène, plagioclases altérés, myrmékite.

Wollastonitite à grenat (Ti 5621), assez loin sur la rive droite de Irhzer Targouine et à environ 700 m d'Amercheh : wollastonite, grenat incolore, calcite, quartz. Sur le terrain on voit que les calcaires ont été métamorphisés en parapyroxénite et en wollastonitite, au sein de laquelle sont nés des grenats en amas gros comme le poing. Cet aspect précède la transformation complète en grenatite.

Amphibolite (Ti 4106) à 200 m au N d'Irhzer Targouine : roche nettement orientée, plagioclase dominant mais pas toujours maclé, quartz (assez peu), hornblende verte, pyroxène incolore (extinction 42°) ouralitisé (l'amphibole a une extinction de 20°), biotite, apatite, minerai opaque.

Tisrouimite (Ti 6105 et 6105 bis) : *cet échantillon est la seule preuve de la présence de tisrouimite sur la rive gauche de l'oued Agounsane* (voir l'article sur « le bassin cambrien de Tisrouima », 1971). Au microscope : roche nettement litée ; matière charbonneuse en grains de 1 à 2 μ ; quartz en grains de 5 à 40 μ ; prismes incolores à extrémités pointues (souvent en forme de fuseaux) dont la taille (dans la préparation) va de 0,3 à 2,7 mm, coupant la stratification, polarisant en jaune, avec un allongement positif ; leur angle d'extinction, de 8 à 24°, incite à les ranger dans les amphiboles. Il y a des formes bifides parce que maclées et des formes tridactyles.

Micagrès à 2 micas, feldspathisé (Ti 6022) : roche orientée, quartz en grains de taille très inégale (grains de 10 à 500 μ), biotite (en paillettes isolées de 25 à 300 μ), muscovite, minerai opaque en poussière noire (dont les grains mesurent de 1 à 2 μ), feldspaths détritiques à contours émoussés, feldspaths poecilitiques et de dimensions plus grandes (600 à 700 μ).

Micagrès à amphibole et biotite (Ti 6104) : quartz en grains de 40 à 300 μ, amphibole faiblement pléochroïque renfermant des inclusions de minerai opaque, biotite, apatite, plagioclase. Suivant les régions, l'amphibole est prédominante ou à égalité avec la biotite : il y a donc un faciès d'amphibolite gréseuse. Enfin, certaines zones feldspathisées ont un aspect de granodiorite.

Micagrès amphibolique, feldspathisé (Ti 5090) : quartz d'origine sédimentaire en grains de formes très irrégulières (de 100 à 500 μ), les uns anguleux, les autres arrondis, hornblende, biotite, porphyroblastes de plagioclases atteignant 5 mm. Cette roche passe au type leptynolite.

Parapyroxénite gréseuse ouralitisés (Ti 4065) : roche orientée ; quartz en grains souvent allongés de 150 à 700 μ, ilménite et leucoxène, pyroxène incolore transformé en ouralite à sa périphérie, plegioclases, biotite.

Gîtes minéralisés où l'on n'a pas établi de chantiers

Bande SW de grenatites (un peu au SE du sommet d'Iskimoula).

Parapyroxénite (Ti 5542) : quartz (peu), plagioclases à macles floues, pyroxène jaune très pâle en individus de 50 à 500 μ, leucoxène.

Skarn à diopside et grenat, feldspathisé (MP 122) au point 190·427,15 : plaque mince : quartz, diopside vert très pâle, grenat jaune pâle, microcline, plagioclase à lamelles hémitropes très larges, sphène. L'échantillon montre que ce skarn a été recoupé par une venue quartzo-feldspathique avec de beaux amas de molybdénite, situés dans une zone d'allure pegmatitique.

La section polie confirme l'observation précédente.

MP 111 : roche feldspathique (à andésine), à débit prismatique présentant quelques zones à molybdénite.

La section polie montre de la pyrrhotite en voie de transformation en marcasite, de la chalcopyrite (associée à la pyrrhotite) et un peu de molybdénite.

Skarn : (Ti 3151) : rubané à lits alternés de diopside et de grenat, minéralisé uniquement en molyhdénite.

Source : MNHN, Paris

Flanc Ouest d'Iskimoula

Amphibolite très feldspathisée atteignant la composition d'un granodiorite (Ti 1337) : quartz, biotite, hornblende souvent maclée et offrant des parties brunes, orthose (peu), microcline-perthite, minerai opaque, hématite (rouge par translucidité), zircon, apatite assez abondente, micropegmatite fréquente, plagioclases poecilitiques (englobant des cristaux de quartz). Un cristal de hornblende est coupé en deux par un cristal de biotite.

Veine quartzo-feldspathique dans un skarn à diopside et grenat (Ti 1244) : on y observe de beaux amas de molybdénite. Une section polie révèle en outre un peu de pyrite.

Iskimoula, flanc nord du 2e sommet au SE de la cote 2 254 m.

Plaques minces

Cf. *Gabbro* (Chka 641) : pyroxène, plagioclase (limite andésine-labrador), apatite, sphène, minerai opaque.

Diorite quartzique (Ti 5113) : hornblende, plagioclases totalement damouritisés, ilménite et leucoxène, quartz.

Hornblendite (Ti 3126) : roche grenue presque monominérale, hornblende en prismes orientés en tous sens, minerai opaque (hématite) (ni quartz ni feldspath).

Grès calcaro-chloriteux feldspathisé (Ti 6005) : quartz d'origine détritique en grains de 10 à 70 μ, calcite, minerai opaque en amas de 50 à 250 μ, et en proportion assez forte, chlorite, plagioclases à contours dentelés atteignant 2 à 2,5 mm et postérieurs aux quartz.

Grès amphibolique feldspathisé (Chka 231) : quartz en grains souvent hexagonaux, amphibole, grands feldspaths damouritisés.

Parapyroxénite gréseuse (Chka 443) : quartz en grains de 30 à 100 μ, pyroxène incolore et ouralite, apatite, sphène, plagioclases de 1 à 3 mm et renfermant des inclusions de quartz.

Leptynolite (Chka 444) : quartz, pyroxène incolore, chlorite, sphène en coins, orthose, plagioclases poecilitiques et à bords en dentelle.

N.B. Il y a beaucoup de leptynolites dans le massif. Nous prenons ce terme dans le sens donné par A. Lacroix (1898-9).

Sections polies

Chka 315 : roche à structure rubanée avec des passées d'hématite donnant lieu à des surfaces couleur de rouille. La section polie montre que l'hématite forme des faisceaux de cristaux dispersés dans la roche.

Ti 3126 : *hornblendite* verdâtre imprégnée d'hématite visible à l'œil nu en beaux placages à la surface. La section polie n'apporte aucune autre précision.

MP 137 : échantillon macroscopique perdu. Association de pyrite, pyrrhotite et chalcopyrite. La pyrite est toujours très dendritique et caverneuse. La pyrrhotite en certains points se moule sur les cristaux de la roche qu'elle imprégne. La chalcopyrite se présente en grandes plages, toujours au contact de la pyrrhotite.

Un peu au SE du sommet d'Iskimoula (cote 2 254 m)

Skarn à pyroxène et dipyre (Chks 326) : *plaque mince* : quartz, andésine, pyroxène vert pâle (diopside ferrifère), spatite, sphène, dipyre. Roche recoupée par une veine quartzo-feldspathique importante. La *section polie* montre des placages de molybdénite dans le plan de foliation de la roche : il n'y a pas d'autre minerai.

Au-dessus du point où le chemin de Tagmout à Tizi Iminlouta coupe Irhzer Targouine

Skarn à *pyroxène et grenat coupé par une veine quartzo-feldspathique* (MP 19 et MP 20) : cette veine, à tendance pegmatitique, renferme un important placage de molybdénite (fig. 18, pl. 3). La section polie ne montre que ce sulfure, qui est localisé au contact des parties sombres de la roche.

Source : MNHN, Paris

Iskimoula 190,1 - 417,1

Grès métamorphique (MP 103). *Plaque mince* : quartz en grains de 20 à 100 μ, amphibole incolore, minerai opaque, hématite. L'échantillon révèle quelques mouches de molybdénite et de fines veines de pyrrhotite.

Section polie : la pyrrhotite xénomorphe est associée à la chalcopyrite. On observe un peu de pyrite en cristaux automorphes au contact de la pyrrbotite. La section montre également quelques touffes de molybdénite.

Iskimoula 190 - 427,1

Cf. *Gabbro* (Chka 747) : augite, cf. labrador, sphène en coins.

Iskimoula (sans précisions sur le point exact)

Filon de quartz dans le granite à biotite. Sur l'échantillon macroscopique, on observe de rares mouches de molybdénite mais davantage de pyrrhotite et de chalcopyrite. Le microscope métallographique montre que la pyrrhotite contient quelques flamèches de marcasite lancéolée et que la molybdénite se trouve au contact de la pyrrhotite ou de la chalcopyrite. On ne voit que très peu de pyrite.

MP 136 : *diorite* particulièrement bien minéralisé en pyrite qui se présente en grains à contours souvent arrondis. Sur notre fig. 31, pl. 5, la pyrite est entourée partiellement d'ilménite au contact d'ilménorutile.

Iskimoula 190 - 427,16

Parapyroxénite : quartz à files parallèles d'inclusions, pyroxène vert pâle, sphène, minerai opaque, plagioclases en plages plus grandes que les autres minéraux.

Flanc SE d'Iskimoula

En 190,25-426,8, *amphibolite calcique tendant vers le diorite* (Ti 5127) : roche grenue, non litée ; calcite, hornblende à macles fréquentes, chlorite, apatite, ilménite et leucoxène, plagioclases damouritisés en forte proportion.

Flanc N d'Iskimoula

Microdiorite à tendance doléritique (Ti 5561) : hornblende dominante, biotite, andésine à 45 % An, (atteignant 5 mm), minerai opaque. Cette roche montre 2 temps peu tranchés et offre des zones à structure ophitique.

Sommet d'Iskimoula

Skarn à pyroxène et grenat (Chka 636) : grenat, pyroxène vert, albite et quartz en grains de 30 à 100 μ.

Skarnoïde à grenat et pyroxène (Chka 795) : grenats (riches en inclusions), pyroxène incolore, sphène, plagioclases (peu), chlorite.

Étude des chantiers

26 galeries ont été creusées sur les contreforts SW du J. Toutki, dans la partie W du Tizi Imin Louta ainsi que sur le flanc NW du J. Iskimoula. Il existe sur ces différentes pentes une large bande de granite surmontée d'un complexe métamorphique plus ou moins digéré et redressé, passant à des gneiss fémiques, au granodiorite, au diorite et au gabbro. Toute cette masse est injectée de sills et de filons-couches de granite.

Source : MNHN, Paris

On retrouve ici une assez bonne analogie lithologique avec la mine de Figri puisqu'au milieu des micaschistes on rencontre des bancs de skarns, des micagrès et des amphibolites, l'ensemble étant fortement imprégné par des venues quartzo-feldspathiques issues du granite sous-jacent.

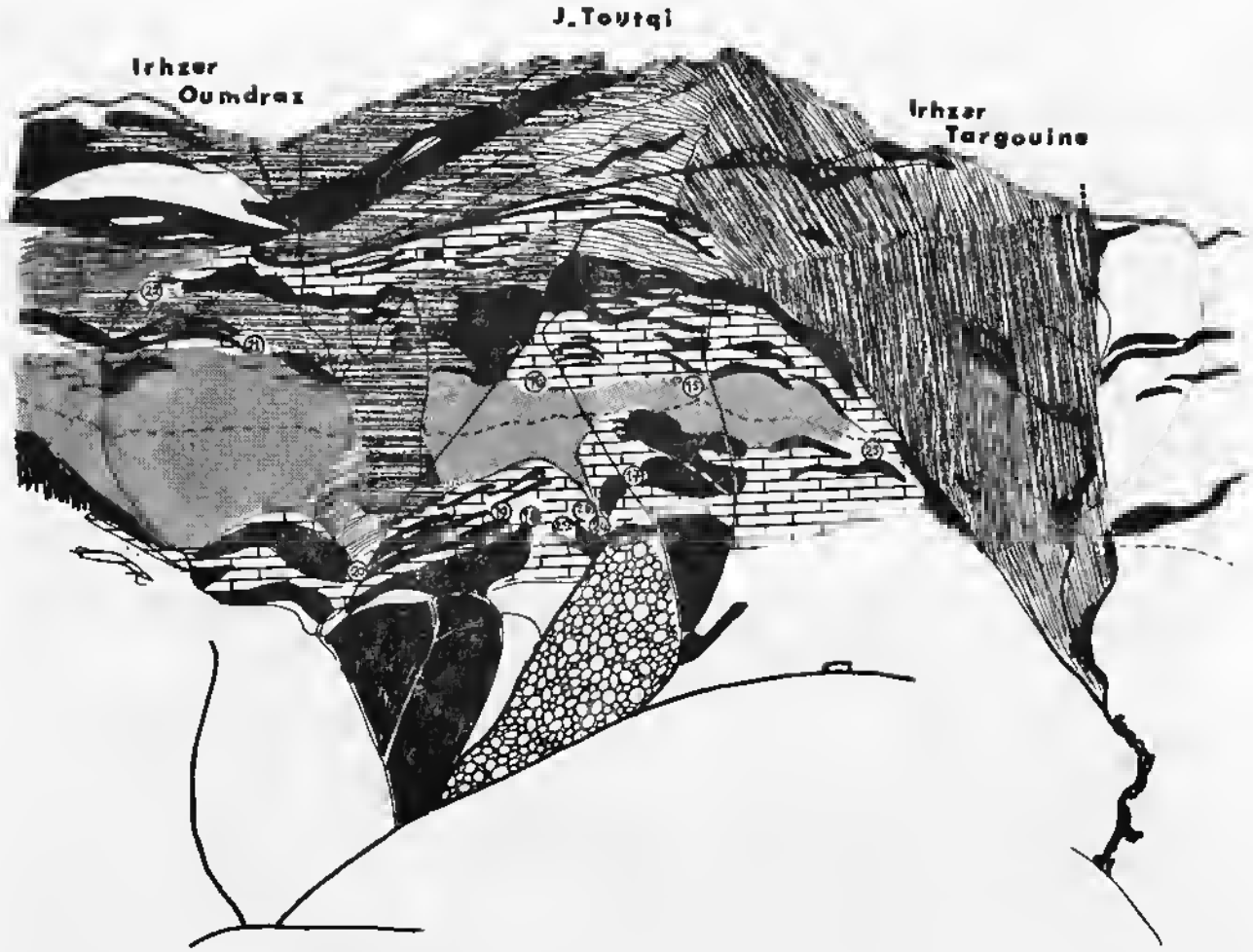
On distingue géographiquement les chantiers 1 à 9 voisins de l'affluent rive gauche d'Irhzer Targouine, près du sommet du J. Iskimoula ; les chantiers 10 à 14 plus le chantier 25 près d'Irhzer Targouine ; enfin les chantiers 15 à 26 près du Chabat Timrine.

Passons en revue les échantillons provenant de ces différents chantiers.

5A. — Iskimoula : le sommet du J. Iskimoula et les chantiers proches de lui.

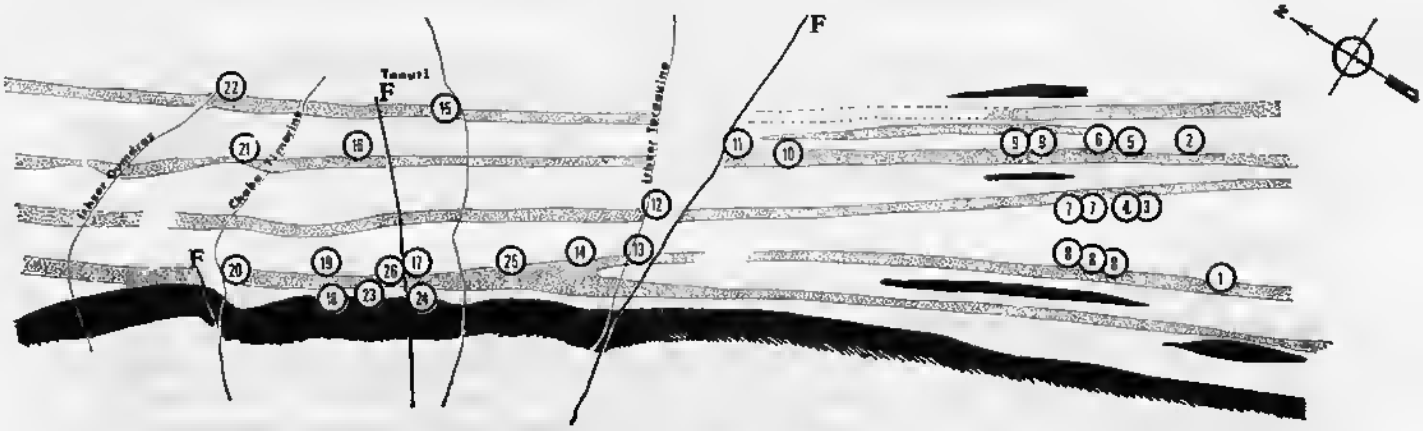
Légende : en noir : granite ; en grisé faible (points très petits) : diorite ; en lignes droites serrées : complexe à biotite et amphibole ; en maçonnerie : calcaires recristallisés et skarns.

Source : MNHN, Paris



5B. — Iskimoula : le J. Toutqi et les chantiers situés entre les nº 25 et 22.

Légende : en noir : granite ; en grisé faible (points très petits) : diorite ; en lignes droites serrées : complexe à biotite et amphibole ; en maçonnerie : calcaires recristallisés et skarns.



6. — Iskimoula : l'ensemble des 26 chantiers.

Source : MNHN, Paris

Les chantiers de l'affluent rive gauche d'Irhzer Targouine

Chantier n° 1 (cote approximative 2 220 m).

Il est établi sur le flanc Est du J. Iskimoula, à environ 35 m au-dessous du sommet, dans une bande de calcaires métamorphiques située un peu au NE du sill de granite qui aboutit près de la cote 2 254 m. Cette bande affleure au-dessus du granite, sauf au sommet. Le métamorphisme des calcaires a produit des parapyroxénites, des amphibolites et surtout des skarns à pyroxène et grenat (où les cristaux de grenat atteignent 5 à 6 cm de longueur) qui sont injectés par des veines de pegmatite, d'aplite et de quartz, lesquelles coupent la stratification et au contact desquelles on observe de beaux placages de molybdénite (filonnets intersectés par la surface topographique parallèlement à leur plan d'aplatissement). Le minerai se présente en pellicules très minces (0,25 à 0,50 mm) que l'on suit sur des longueurs de 2 à 3 m, principalement sur les épontes des filons de pegmatite mais aussi dans une cassure longitudinale et dans les fissures. Sur sa limite Nord, la bande de skarn est en contact tantôt avec du complexe à biotite et amphibole, tantôt avec du diorite.

Plaques minces

Aplite à pyroxène (Ti 6355) : quartz, pyroxène vert pâle en cristaux souvent enchâssés dans les feldspaths, plagioclase, orthose avec facules d'albite, microcline, micropegmatite.

Aplite à pyroxène (Ti 6434) : quartz, andésine, pyroxène, minerai opaque, limonite.

Parapyroxénite (Ti 1258) : Pyroxène vert très pâle, andésine, sphène.

Parapyroxénite (MT 51) : quartz, pyroxène vert pâle, un peu d'amphibole, sphène, molybdénite (peu), feldspaths à macles floues.

Étude en surface polie (surfaces polies 1 et 2) : la parapyroxénite est injectée par une venue quartzo-feldspathique présentant une belle minéralisation en molybdénite.

Skarn (Chka 636) : grenat, hédenbergite, albite, sphène, quartz.

Chantier n° 2 (cote approximative 2150 m).

Il se trouve entre le sommet du J. Iskimoula et un ravin affluent de gauche d'Irhzer Targouine, à 20 m au S d'un sill de granite. Les roches sont des skarns à diopside ferrifères et grenat, alternant avec des micaschistes et des amphiboles, le tout en couches verticales injectées par de la pegmatite à molybdénite et molybdocre. Le minerai forme des nids et des mouches disséminés irrégulièrement en pleine roche.

Surfaces polies

MP 9 : un micaschiste brunâtre feldspathisé par endroits (et tendant alors vers une leptynolite et même localement, vers un gneiss) renferme de nombreuses lamelles brillantes d'hématite qui proviennent de l'altération de cristaux de magnétite. On remarque également de petits amas, finement dispersés, de molybdénite. Un fragment de pegmatite (aux feldspaths altérés) au contact d'un skarn montre une belle minéralisation en molybdénite partiellement transformée en molybdite.

Chantier n° 3

Il se trouve à environ 55 m au-dessous du chantier n° 2, sur le côté Est de la bande de skarns et d'amphibolites qui est elle-même au SW de petits sills de granite. Les roches sont des skarns à pyroxène et grenat avec passées micaschisteuses et injections abondantes de granite pegmatitique plus ou moins chargé de minéraux ferro-magnésiens (tendant donc vers une dissogénite). Localement les skarns renferment un pyroxène vert foncé qui ressemble à la salite. Minéralisation peu importante en molybdénite.

Source : MNHN, Paris

Grattage 3 bis

Mêmes roches.

Plaques minces

Parapyroxénite fendillée (Chka 382) : pyroxène incolore en grains de 30 μ à 3 mm dont les clivages ont été soulignés par les actions tectoniques, amphibole, minerai opaque, hématite.

Skarnoïde à grenat et amphibole (Chka 382 bis) : grenats entourés par des bandes polygonales multiples et concentriques, fibreuses et vertes, de chlorite, puis traversés par des fissures remplies de chlorite ; amphibole, un peu d'orthose-perthite, quartz, minerai opaque.

Surfaces polies

Chka 382 : zone riche en pyroxène associé au quartz et au feldspath, où la molybdénite se dispose en petites rosettes.

L'observation microscopique permet de déceler, outre la molybdénite, des reliquats de magnétite presque totalement transformée en hématite (comme le montrent les fig. 14 et 15, pl. 3). La pyrite est xénomorphe et se présente souvent en veinules ou en plages au contact des cristaux de magnétite. Dans cet échantillon, la succession des minéraux opaques nous paraît être la suivante : 1) magnétite, 2) molybdénite, 3) pyrite.

Amphibolite (Chka 383) : cette roche renferme des rosettes de molybdénite, des cristaux de magnétite presque totalement transformés en hématite, et de la pyrite coincée entre les lamelles d'hématite.

Chantier n° 4 (cote approximative 2 110 m)

Il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 3 (un peu au-dessous de lui) et que le chantier n° 7 (un peu au-dessus de lui). Les roches sont des cornéennes vertes à diopside ferrifère, des skarns à diopside et grenat, des grenatites conservant localement de la calcite. Le tout est affecté par des diaclases à remplissage carbonaté (dolomie ?) et, de plus, parcouru par de petits filons de granite et de pegmatite à molybdénite. Le minerai se présente en minces placages (films), nids, vésicules et mouches dans des veinules provenant des filons de pegmatite. Son épaisseur ne dépasse pas 2 mm.

Plaques minces

Roche éruptive à 2 temps (Ti 6004 B) : I) Phénocristaux de plagioclase à faces rectilignes atteignant 2,5 mm (certains sont zonés) ; II) pâte microlithique où les feldspaths ont de 100 à 150 μ, quartz, micropegmatite, biotite très pléochroïque formant des amas, ilménite et leucoxène, sphène (différent du leucoxène), chlorite, épidote.

Parapyroxénite (Ti 6004) : pyroxène vert très pâle, plagioclase, quartz.

Parapyroxénite gréseuse (Ti 6004 A) : pyroxène en grains de 100 à 300 μ ; quartz, plagioclases (cf. andésine), sphène.

Parapyroxénite injectée par de l'aplite (Ti 6421) : pyroxène vert franc, en grains de 150 à 600 μ, quartzite, orthose-perthite, albite, sphène.

Surfaces polies

MT 33 : nous ne possédons qu'un échantillon de ce chantier, paraissant être un micaschiste feldspathisé. La phase minéralisée y est constituée par de la magnétite en voie de martitisation (fig. 16, pl. 3) et partiellement transformée en hématite. De la pyrite est localisée dans les microcassures de la roche.

Amphibolite fortement feldspathisée (MP 127) : cette roche est traversée par des filonnets de quartz renfermant de petites mouches de molybdénite.

Source : MNHN, Paris

Parapyroxénite (Ti 6004) : cette roche est au contact d'une pegmatite dans laquelle la molybdénite est peu abondante. Le microscope à réflexion montre en outre de la chalcopyrite et un peu de pyrrhotite en petits grains dispersés.

Entre les chantiers 4 et 5, le terrain est constitué par du granite gneissique, des micaschistes à lits d'amphibolites, des gneiss amphiboliques, du diorite sombre et du diorite passant à un faciès pegmatitique.

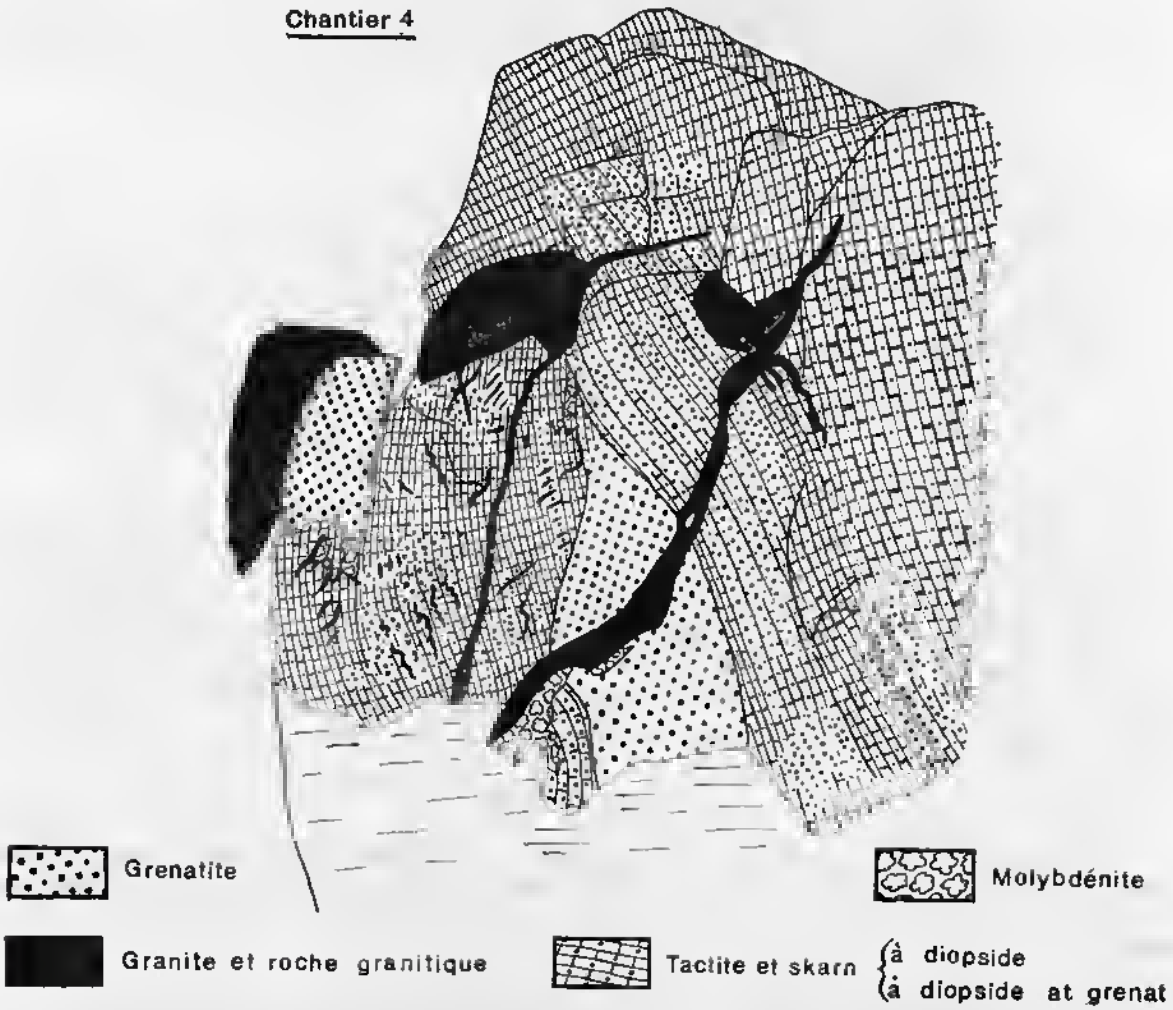


FIG. 7. — Chantier 4 (grenatite, skarns à molybdénite, granite)

Chantier n° 5

Il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 2 ainsi que les chantiers n° 6 et n° 9, à un niveau compris entre ceux des chantiers n° 3 et n° 4.

La galerie (longue de 8 m en 1940) est creusée dans des skarns à diopside ferrifère et grenat encadrés par des micaschistes plus ou moins amphiboliques et qui se coincent en haut et en bas. Ces couches, verticales, ont une direction N 40°W. Les micaschistes sont en contact avec un filon de granite orienté, épais de 2,50 m. Les skarns sont injectés par un filon de pegmatite à molybdénite assez abondante (dans les contacts pegmatite-skarn).

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Skarnoïde à pyroxène et dipyre, feldspathisé(Ti 6449) : au microscope, pyroxène, dipyre, andésine, minerai opaque, sphène.

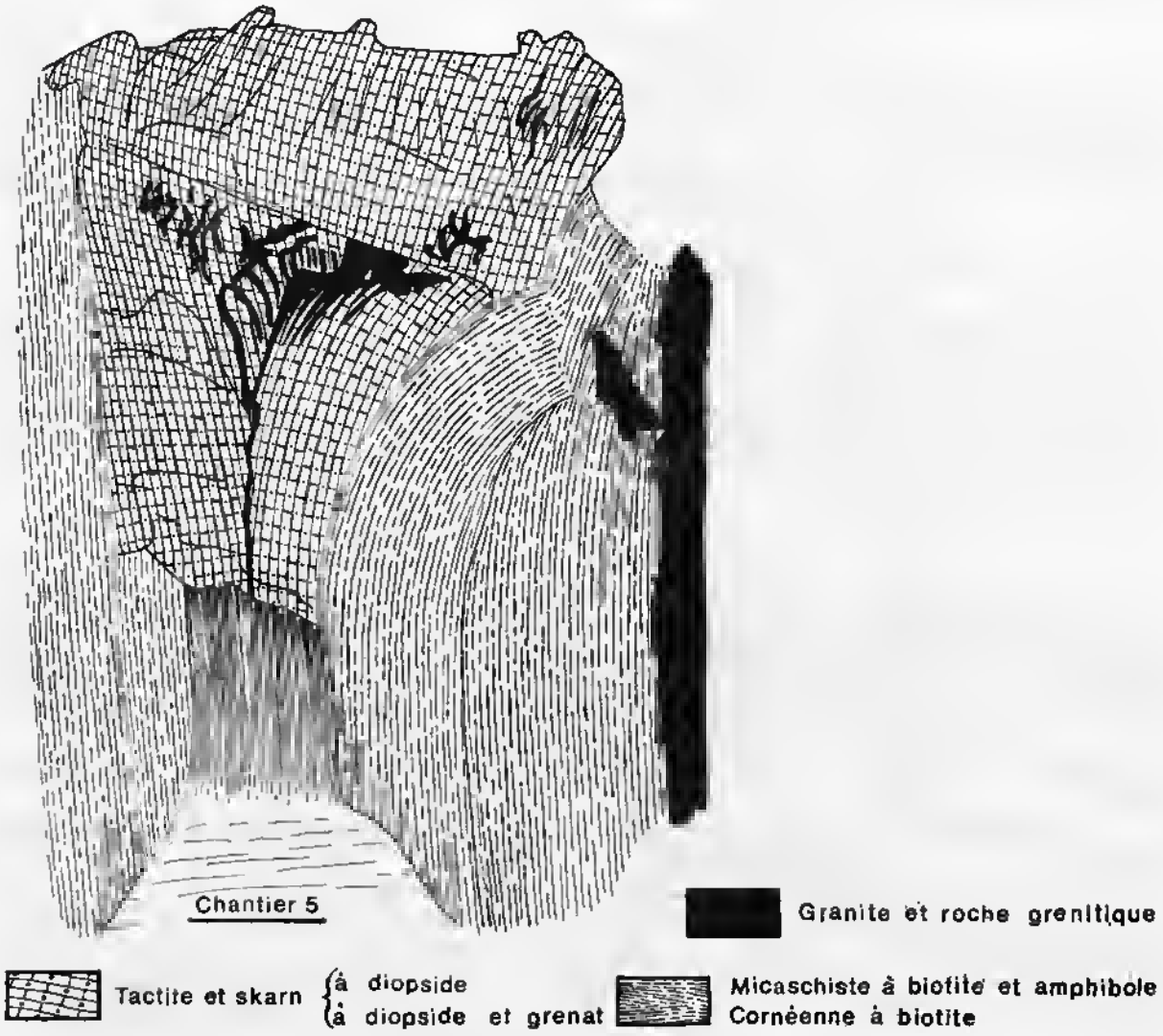


Fig. 8. — Chantier 5 (micaschistes, skarns à molybdénite, granite)

Chantier nº 6 (cote approximative 2 060 m)

Il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que les chantiers nº 2, 5 et 9, à un niveau inférieur à celui du chantier nº 4. Les roches sont des skarns à pyroxène et grenat très fracturés, injectés par du granite en filons-couches où l'on trouve du minerai et des micaschistes imprégnés de pegmatite extrêmement ramifiée mais offrant de grands feldspaths blancs. Il y a des nids et des veines de molybdénite, plus rarement de molybdite, localisés le long de la diaclase principale (puissance réduite, environ 1,75 mm), surtout aux contacts pegmatite-skarn mais aussi dans les skarns.

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Beau skarn à pyroxène et grenat (Chks 307) : pyroxène en grains presque isodiamétraux, grenat jaunâtre, petits résidus de calcite. Dans cette roche, P. de Béthune et D. Laduron ont déterminé, à la sonde de Castaing, du grossulaire, de l'idocrase, de la ferrosalite et de le prehnite.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6357) : pyroxène, grenat, calcite, plagioclase, épidote.

Surfaces polies

Chka 307 : le skarn, offrant de petits résidus de calcite, est au contact d'un filonnet quartzo-feldspathique bien minéralisé en molybdénite, lsquelle se concentre préférentiellement sux épontes dana les zones riches en pyroxène ou près d'elles.

Ti 6357 : le skarn est au contact d'une pegmatite possédant une belle minéralisation en molybdénite.

Chantier nº 7 (cote approximative 2 050 m)

Il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que les chantiers nº 3 et 4, à un niveau un peu inférieur à celui du chantier nº 6. Les roches, assez diaclasées, sont des skarns à pyroxène et grenat (épaisseur : 2 m), une roche verte paraissant contenir de la salite, des micaschistes et du granite aplitique un peu rubané. De ce granite part un filon d'aplite à enclaves de skarn et des filonnets de pegmatite où se trouve le minerai. La molybdénite est en nids et en veinules de 0,25 à 2 mm d'épaisseur, surtout le long des diaclases.

Plaques minces

Granite aplitique à pyroxène (Chka 233 et 234) : quartz granitique dominant (à cristaux engrenés), andésine (à au moins 42 % d'An), sphène en assez forte proportion, diopside ferrifère vert pâle. Les plagioclases se présentent sous deux faciès : les uns, automorphes et de petite taille, sont toujours frais ; les autres, arrondis et de plus grande taille, sont en général altérés. Il y a de petites plages de calcite, des amas de diopside et quelques très rares cristaux de grenat. Une zone riche en diopside comprend du quartz et de l'épidote mais peu de feldspath.

Aplite à pyroxène (Ti 6394) : quartz, plagioclase, orthose-perthite, pyroxène vert pâle, ouralite, sphène (en coins).

Aplite à pyroxène (Chka 233) : quartz atteignant 6 mm, pyroxène, plagioclase, orthose-perthite, sphène (en coins).

Aplite à pyroxène et molybdénite (Chka 234) : même composition, plus Mo S_2.

Parapyroxénite gréseuse (Ti 6408) : à l'œil nu, roche vert foncé injectée par de l'aplite avec molybdénite. Au microscope, qusrtz, pyroxène vert pâle, plagioclase, apatite, sphène.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6357) : calcite (assez peu), pyroxène (dominant), grenat (moins que de pyroxène), sphène, plagioclase.

Surfaces polies dans les skarns sans grenat

Chka 233 : le seul minerai est la molybdénite.

Chka 234 : skarn au contact du granite aplitique ; il renferme quelques amas de molybdénite.

MP 28 : fragment de skarn englobé dans un granite aplitique blanc à grain fin. *Granite* : quartz en cristaux de 100 μ à 1,5 mm, andésine, minerai opaque, sphène, pyroxène. *Skarn* : il a conservé sa foliation et le granite s'y est infiltré lit par lit ; ce skarn renferme une minuscule plage de pyrrhotite ainsi qu'un petit cristal de pyrite.

MP 121 : parapyroxénite au contact d'une venue essentiellement quartzeuse ayant apporté quelques lamelles de molybdénite localisées aux épontes. La parapyroxénite (minerai opaque, calcite, quartz, plagioclase) à pyroxène dominant présente des parties à grain fin (35 à 100 μ) et des parties à gros grain (de 300 μ à 1,5 mm).

Source : MNHN, Paris

Dans skarn à pyroxène et grenat

Ti 6407 : on a identifié seulement de la molybdénite aux épontes d'un filonnet de pegmatite.

La minéralisation en molybdénite est plus pauvre lorsque les skarns sont recoupés par des filons d'aplite que par des filonnets de pegmatite ; malheureusement dans les deux cas elle reste sporadique.

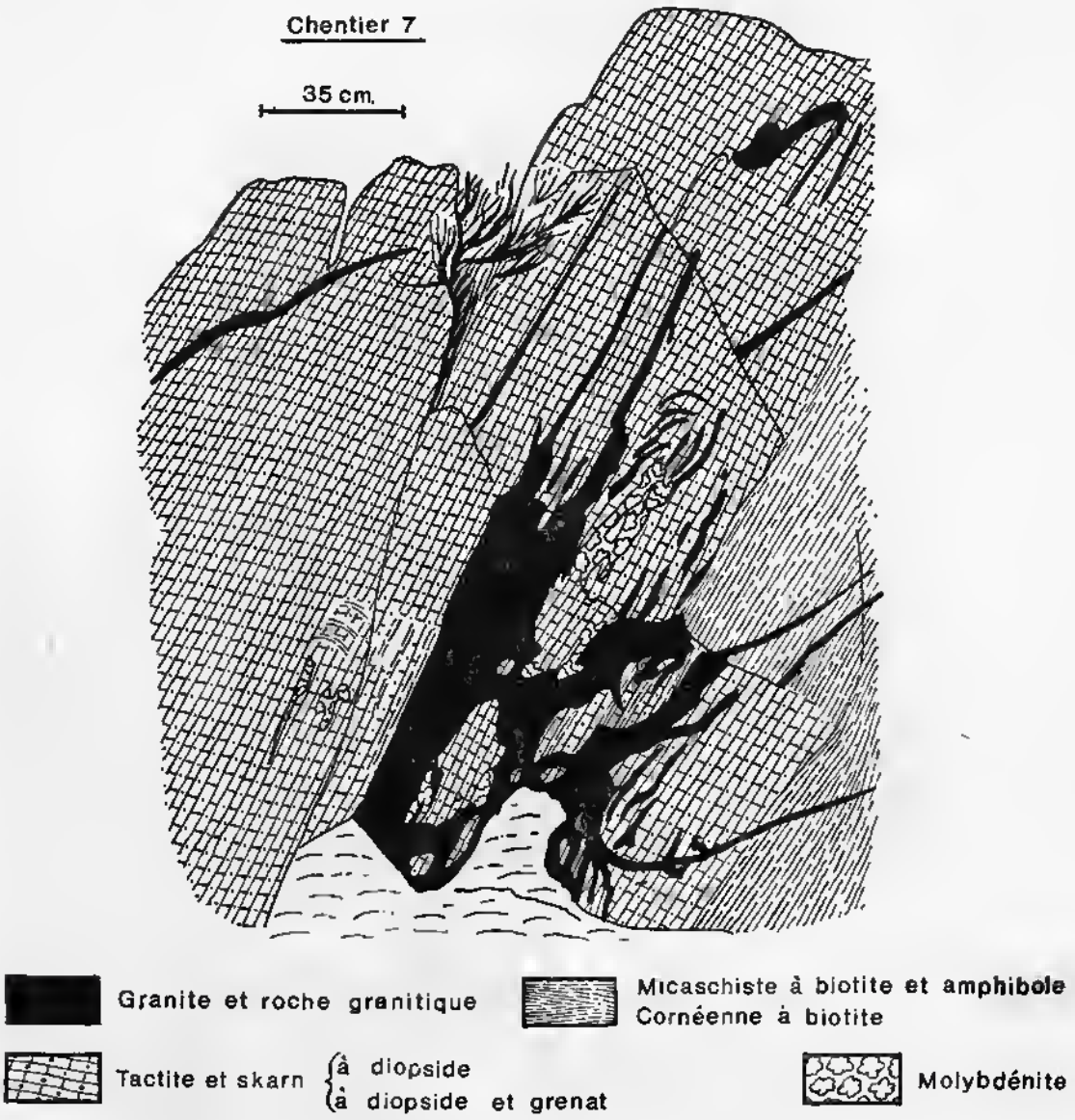


Fig. 9. — Chantier 7 (micaschistes, skarns, granite)

Chantier n° 8 (cote approximative 2 010 m)

Composé de trois grattages superposés, il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 1 mais très au-dessous de lui. Son niveau topographique est un peu inférieur à celui du chantier n° 9.

Source : MNHN, Paris

Dans la partie basse affleurent des micaschistes offrant une érosion alvéolaire, des skarns à diopside, ferrifère, des grenatites montrant une tendance à former des ovoïdes et de l'aplite.

Dans la partie haute, les micaschistes sont en contact avec un sill de granite gneissique et les skarns à diopside sont parcourus par de l'aplite qui est ici la roche-mère de la minéralisation. Celle-ci est localisée en nids, mouches et veinules le long des plans de diaclases. Nous avons observé de l'aplite à films parallèles de molybdénite et à enclaves de skarns gainées par de la molybdénite.

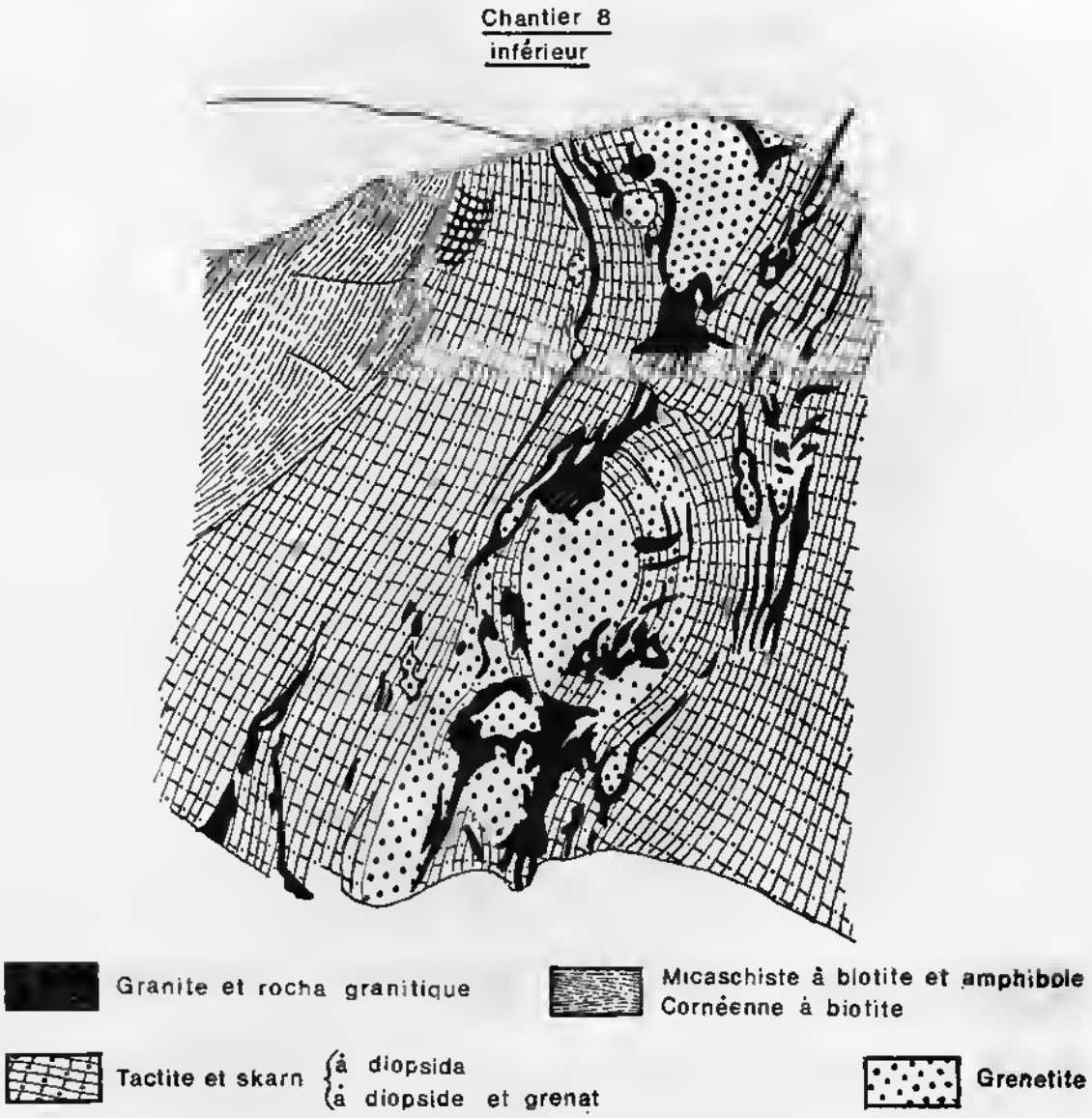


Fig. 10. — Chantier 8 (ovoïde de grenatite, skarns, injection de grenatite)

Plaques minces

Aplite à films parallèles de molybdénite (Ti 2207) : texture finement grenue, quartz à nombreuses files d'inclusions, plagioclase, leucoxène, poussière noire.

Syénite alcaline (Ti 6445) : hornblende, biotite (très peu), plagioclase (peu), apatite, sphène, ilménite et leucoxène, orthose (en proportion supérieure à celle du plagioclase), quartz (très peu).

Source : MNHN, Paris

Feldspathite à zoïsite (Ti 6337) : à l'œil nu, roche blanche renfermant des pellicules de molybdénite et des pellicules rousses. Au microscope, on voit une partie constituée presque uniquement de feldspaths assez frais (andésine) et de zoïsite, et une partie formée de feldspaths plus grands mais envahis par les produits micacés.

Surfaces polies

Ti 6337 : cette feldspathite est minéralisée en molybdénite suivant de petits lits parallèles. La section ne montre aucun autre sulfure associé.

MT 10 : skarn blanc parce qu'ayant conservé ds la calcite en forte proportion. Il est en contact avec une aplite à muscovite riche en molybdénite (fig. 17, pl. 3) qui passe dans l'axe du filon à une pegmatite renfermant un peu de pyrrhotite.

Une section polie montre de la molybdénite en abondance ainsi qu'un peu de pyrite aux contours nettement xénomorphes et de la chalcopyrite relativement rare.

Ti 6444 : aplite à grain fin minéralisée en molybdénite suivant de petits lits parallèles (comme dans Ti 6337). Au microscope on y trouve quelques rares grains de pyrrhotite.

Chantier n° 9 (cote approximative 2 025 m)

Il est situé dans la même bande de terrains métamorphiques que les chantiers n° 2, 5, 6, puis 10, 11, 16, à un niveau topographique inférieur à celui du chantier n° 7. Les roches sont des cornéennes

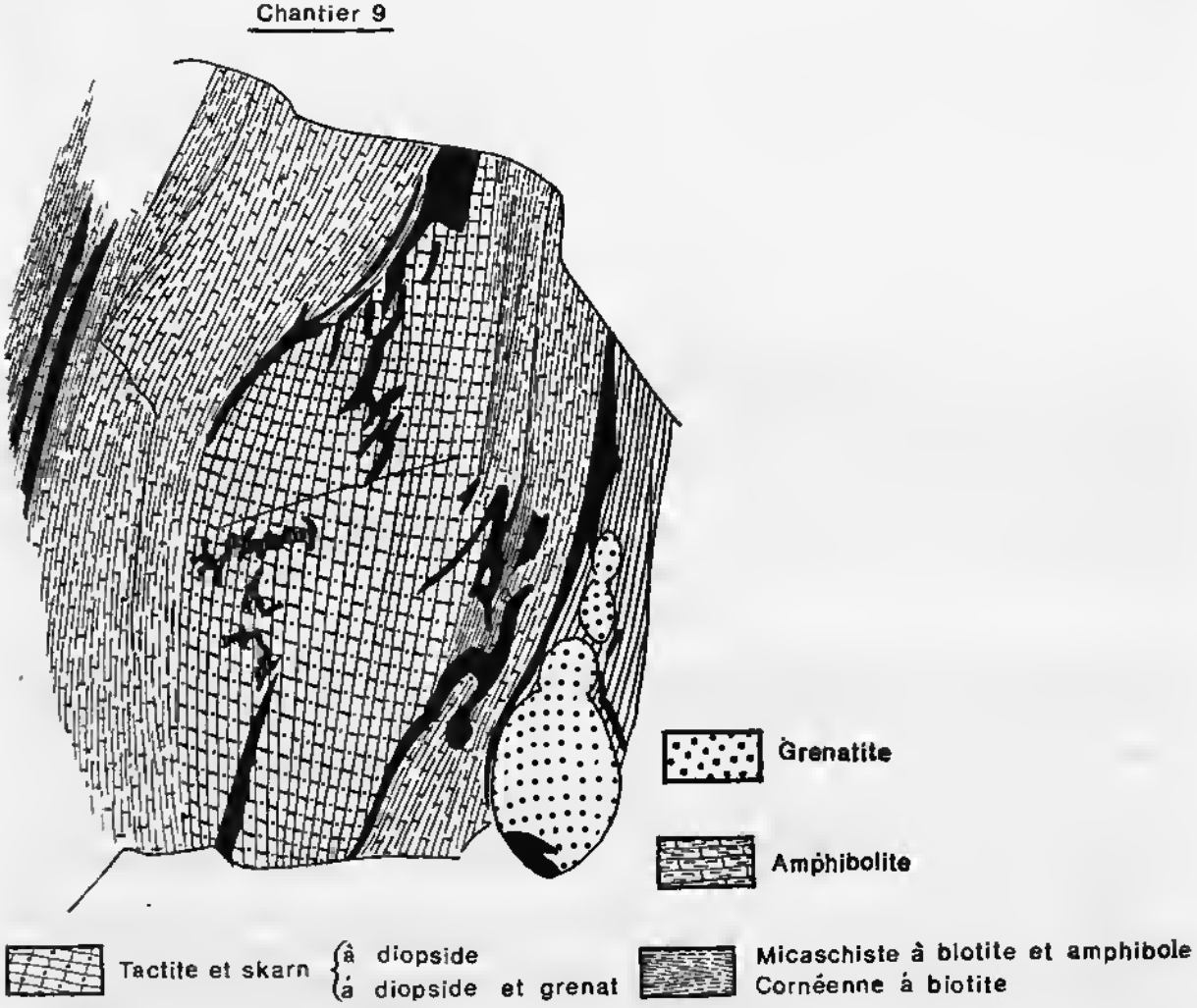


Fig. 11. — Chantier 9 (micaschistes, amphibolite, ovoïdes de grenatite, filonnets de granite)

Source : MNHN, Paris

à diopside ferrifère englobant des ovoïdes de grenatites, des skarns, des amphibolites et des micaschistes offrant une disposition lenticulaire due à la tectonique. Toutes sont fortement diaclasées et injectées par du granite et de la pegmatite. On remarque des veinules qui paraissent être de la dolomie. La molybdénite est en nids, surtout dans les cornéennes.

Plaques minces

Granite à amphibole (Ti 6433) : quartz granitique, apatite, hornblende, plagioclase (cf. andésine), orthose-perthite, microcline-perthite, micropegmatite, ilménite et leucoxène, sphène (en coins), poussière noire, épidote, myrmékite.

Venue quartzo-feldspathique à amphibole (Ti 6433 bis) : quartz, plagioclase, microcline-perthite, micropegmatite, sphène, minerai opaque, limonite.

Granite à biotite et amphibole (Ti 6101) (granodiorite) : quartz à belles inclusions, biotite, plagioclase, ilménite et leucoxène, apatite, amphibole verte dont les extinctions atteignent 34°, ce qui fait penser à la Mg-hastingsite.

Conclusion partielle

On rencontre dans les chantiers de 1 à 9, tous situés sur la rive gauche d'Irhzer Targouine, des minéralisations en molybdénite dans la mesure où les terrains métamorphiques ont été soit traversés par des pegmatites soit touchés par le granite lui-même. Ce sulfure ne se concentre de façon intéressante pour le mineur qu'au niveau des skarns, surtout de ceux qui sont à pyroxène dominant et deviennent presque des parapyroxénites plutôt qu'aux skarns à pyroxène et grenat.

Certaines roches à pyroxènes et les micaschistes contiennent fréquemment de la magnétite qui se transforme en hématite.

Les chantiers proches d'Irhzer Targouine

Chantier n° 10 (cote approximative 1 850 m)

Il se trouve sur le versant NW du J. Iskimoula, à 10 m sur la rive droite d'un ravin, en amont de sa jonction avec Irhzer Targouine, sur une bande de terrains métamorphiques qui prolonge celle du chantier n° 9. Les roches sont des micaschistes, des gneiss porphyroïdes à amphibole et des skarns rubanés à pyroxène et grenat (épaisseur 1,5 m), qui ont un pendage de 45° à 50° vers l'Est. Les skarns sont injectés par une aplite à molybdénite puis par une pegmatite blanche purement quartzo-feldspathique. Les mouches de molybdénite s'observent surtout dans les parapyroxénites mais on voit bien qu'elles proviennent des filonnets de pegmatite. Les points d'élection sont ceux où il y a contact pyroxénite-pegmatite.

Plaques minces

Granite à biotite et amphibole (*granodiorite*) (Ti 6083) : roche grenue ; quartz (moins que de feldspath), microcline-perthite, plagioclase, biotite, apatite, minerai opaque, hornblende (contenant des enclaves de biotite et de plagioclase), micropegmatite fréquente.

Gneiss à biotite et amphibole (Ti 6083 bis, éboulis) : roche orientée ; quartz en grains de 100 à 1 500 μ, ilménite et leucoxène, amphibole, biotite, plagioclases atteignant 5 mm.

Gneiss à biotite et sillimanite (Ti 6013) : quartz, plagioclase, micropegmatite, biotite très pléochroïque avec auréoles pléochroïques autour de cristaux de zircon, sillimanite (fibrolite), minersi opaque (peu). Cette roche est attenante à un skarn à pyroxène et grenat.

Parapyroxénite (Ti 5963) : roche presque monominérale ; pyroxène, sphène en coins, plagioclases à macles floues. Latéralement cette roche passe à un skarn à pyroxène et grenat (en cristaux englobant des pyroxènes).

Skarn à grenat et pyroxène (Ti 6429) : ces deux constituants sont à peu près en égale proportion ; le grenat renferme de nombreuses enclaves de pyroxène ; la dimension des grains varie de 20 à 200 μ ; plagioclases (peu), épidote (très peu), minerai opaque (très peu).

Source : MNHN, Paris

Skarns à pyroxène et grenat (Ti 6398) : roche rubanée se présentant en bandes alternées roses et vertes et admettant des zones feldspathiques.

Chka 308 : skarn à pyroxène (dominant, en grains presque isodiamétraux de 100 à 400 μ) et grenat, feldspathisé en bandes alternées vertes et roses. Les plagioclases sont entièrement damouritiés.

Sections polies

Ti 6398 : la molybdénite, finement dispersée, se localise dans les niveaux riches en pyroxène.

Chka 308 : il y a une étroite similitude entre cette roche et la précédente. Le skarn est totalement stérile mais il est recoupé par un petit filon quartzo-feldspathique qui, lui, est bien minéralisé en molybdénite.

Ti 6013 : le skarn est minéralisé en mouches de molybdénite au contact des zones à pyroxène.

Ti 6429 : même observation ; la molybdénite est au voisinage du pyroxène.

Ti 6189 : pegmatite où l'on voit de la molybdénite déposée aux épontes, près des zones à pyroxène, d'un skarn encaissant.

Chantier n° 11 (cote approximative 1 820 m)

Situé sur la rive gauche d'Irhzer Targouine, mais non loin du thalweg, un peu en amont de sa jonction avec un ravin affluent, sur la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 10 et un peu au-dessous de lui.

Les roches (direction E 55° S, pendage 80 au N) sont des micaschistes, des grès métamorphiques renfermant de petits cristaux de pyrite, des cornéennes à diopside ferrifère et des skarns à diopside et grenat, finement injectés de pegmatite à grands feldspaths, les uns blancs, les autres roses.

La paroi Nord de la galerie correspond à une grande cassure (faille n° 1 de Irhzer Targouine). La molybdénite se localise le plus souvent au contact de la pegmatite et du skarn, parfois à cheval sur des veines minuscules (de 0,25 à 0,50 mm), parfois enfin dans le skarn lui-même sans que l'on voie une communication avec la pegmatite mais à très courte distance d'elle.

Plaques minces

Granite à biotite (Ti 6020) : quartz (offrant de belles files d'inclusions), orthose, plagioclase, biotite (s'altérant en chlorite), chlorite, apatite, minerai opaque (ilménite et leucoxène), sphène en coins.

Granite à pyroxène (Ti 6355) : quartz, orthose-perthite, plagioclase, micropegmatite, pyroxène d'un jaune-vert pâle, sphène.

Aplite à grenat (MP 124) : quartz en grains de 35 à 200 μ, plagioclase, minerai opaque (peu), grenat, cf. sphène.

Diorite micacé (Ti 6073) : andésine, quartz (peu), biotite assez abondante, amphibole verte et brune renfermant des inclusions de minerai opaque et de biotite, ilménite et leucoxène.

Parapyroxénite passant à un skarn (Ti 6432) : pyroxène jaune pâle en cristaux de 50 à 350 μ, minerai opaque (peu), sphène, grenat, orthose.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6014) : ce skarn est en fragments anguleux isolés dans une pegmatite à gros feldspaths roses passant à un *granite à biotite* (quartz, ilménite et leucoxène, apatite, sphène à inclusions d'apatite, biotite, plagioclase, microcline-pertbite, myrmékite fréquente).

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6221) : le pyroxène est en grains de 120 à 250 μ, le grenat, jaunâtre, en grains de 150 à 500 μ ; cette roche comporte un peu de quartz et de minerai opaque.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6221 bis) : contenant un peu de quartz et de minerai opaque.

Skarn à pyroxène et grenat, feldspathisé (Ti 6432).

Sections polies

MP 124 : skarn à pyroxène et grenat, traversé par une pegmatite à gros feldspaths roses. A la loupe, on voit de rares mouches de molybdénite dans la zone à pyroxène. L'examen microscopique révèle, outre la molybdénite, quelques grains de chalcopyrite.

Source : MNHN, Paris

Ti 6014 : nous avons observé quslques mouches de molybdénits dsns le skarn et de ls pyrite automorphe dsns la pegmatits. Il n'y a sucuns minéralisation entrs les deux roches.

Dans ce cbantier, les skarns à pyroxèns et grenst sont pratiquement stériles au contact de la pegmatite.

Chantier nº 12 (altitude approximative 1 730 m)

Il est situé sur la rive droite d'Irhzer Targouine, du côté aval d'une bande de terrains métamorphiques et sur le chemin muletier qui passe au cbantier nº 14. Il se trouve assez loin au NE de la faille importante qui atteint ls baut de la pente du terrain, au N de Tizi Imi n'Louta. Les roches sont des skarns à pyroxène et grenat, traversés par un filonnet de pegmatite à larges mouches de molybdénite et un filon d'aplite qui offre un peu de pyrite et de très petites mouches de molybdénite. A la différence du chantier nº 11, les skarns possèdent ici une minéralisation en molybdénite au contact d'une pegmatite.

Plaques minces

Granite aplitique à tendance granophyrique (Ti 6226) : ls quartz est en cristaux arrondis souvent soudés entre eux et noyés dans les plages ds plagioclsses. Un peu de biotite et beaucoup de micro-pegmatite.

Granite à biotite et amphibole (granodiorite) (Ti 6092) : quartz, plagioclase, biotite en partie chloritisée, amphibole, micropegmatite, apatite, ilménits et leucoxène, myrmékite fréquente.

Diorite quartzique (Ti 5585) : roche non litée ; quartz, hornblsnde, apatite en prismes très longs, ilménite et leucoxèns, plegioclases damouritisés, chlorite.

Diorite micacé (Ti 6082) : hornblende, biotits, andésine, apatite.

Micagrès à biotite et tourmaline (Ti 6007) : la roche est très nettement litée : quartz en grains fins (ds 5 à 50 μ), un peu de calcits, biotite en paillettes de 50 à 100 μ, ilménite et leucoxène, tourmaline assez fréquente stteignsnt 150 μ.

Amphibolite gréseuse micacée (Ti 6315) : quartz en forte proportion (grains arrondis de 50 à 200 μ) ; hornblende en cristaux de 100 μ en moyenns, rsnfermant des inclusions ds minerai opaque ; biotite (moins sbondante que l'ampbibols) ; plagioclases plus grands que les quartz (ils atteignent 1 mm), sans contours géométriques, à partie centrale demouritisée ; minerai opaque ; épidote ; chlorite formée aux dépens de l'amphibole. Cette roche offre des *zones feldspathisées qui tendent vers la composition d'un diorite quartzique.*

Parapyroxénite gréseuse injectée de granite (Ti 6243) :

Partie roche métamorphique : quartz (50 à 200 μ) en individus souvent allongés, pyroxèns incolore ou vert très pâle (diopside), transformé parfois en ouralite, plagioclase renfermant des inclusions de quartz, minerai opaqns (très psu).

Partie granitique : quartz assez grands, plagioclase renfermant parfois des enclaves de quartz.

Chantier nº 13 (cote approximative 1 710 m)

Il est situé sur la rive droite d'Irhzer Targouine, près de sa jonction avec un autre ravin, un peu en aval du cbantier nº 12 et au SE du cbantier nº 14. Les roches sont des skarns à diopside ferrifère et grenat et des grenatites injectées par de l'aplite qui forme un filon-couche. La molybdénite, à l'état dispersé, est accompagnée de molybdocre.

Plaques minces

Micagrès passant au gneiss à biotite et sillimanite (Chka 322) : quartz constituant ls fond ds la rocbs, minerai opsque, biotite abondante formant des lits contournés, plagioclsse à lamelles hémitropes très fines, sillimanite, cblorite. La rocbe a été plissotés et offre de nombreuses petites charnières soulignées par la sillimsnite.

Parapyroxénite gréseuse (Chka 322 bis) : quartz d'origine détritique, pyroxène vert pâls en grains de taills variable suivant les régions (par exemple 20 à 100 μ ou 400 à 500 μ), plagioclese, sphène.

Source : MNHN, Paris

Section polie

MP 46 : dans un skarn à pyroxène et grenat, recoupé par une aplite ; la minéralisation en molybdénite se localise aux épontes du filon ou profite des microcassures du skarn pour s'y infiltrer. La section polie montre de belles touffes de molybdénite.

Chantier n° 14 (altitude approximative 1 730 m)

Il est situé sur la rive droite d'Irhzer Targouine, dans la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 13 et un peu au-dessus de lui. Les roches sont des micaschistes (une couche mince mais bien caractérisée), et des amphibolites micacées, mais surtout des cornéennes vertes à biotite et diopside, des skarns à diopside et grenat, de la grenatite en amas, et aussi du diorite. Les amphibolites sont en contact avec un granite orienté, un peu porphyroïde, à amphibole. Les skarns sont injectés par de la pegmatite et de l'aplite. La molybdénite est en grosses mouches dans les filonnets de pegmatite, en petites mouches dans les skarns mais se localise de préférence aux contacts des deux roches. Un filon de microdiorite coupe les skarns et le granite : il est postérieur à la minéralisation.

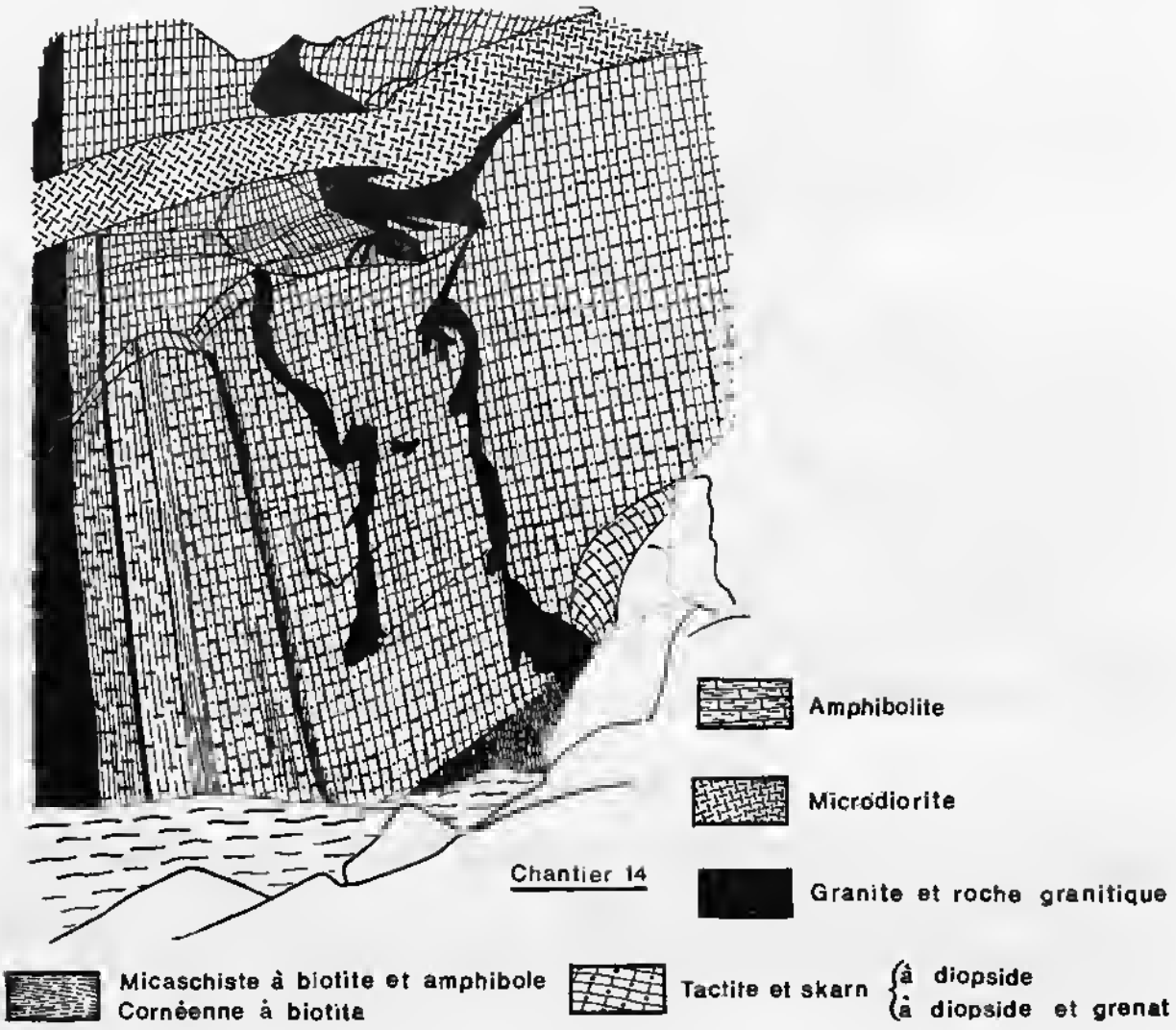


Fig. 12. — Chantier 14 (micaschiste, amphibolite, skarn, granite (à gauche), aplite (à droite), filon de microdiorite

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Diorite franc (Ti 2224) : structure grenue ; hornblende en proportion dominante, parfois hourrée d'inclusions de minerai opaque et même de plagioclase ; andésine ; apatite ; minerai opaque ; quartz interstitiel (peu).

Parapyroxénite (Ti 6166) : cette roche est imprégnée, lit par lit, par une aplite responsable de la minéralisation. La molybdénite se présente en beaux amas mais discontinus aux épontes du filon aplitique principal.

Parapyroxénite plus gréseuse (Ti 6018) : il y a des parties de skarn à pyroxène et grenat imprégnées par une aplite minéralisée en molybdénite.

Sections polies

Ti 6166 : molybdénite assez rare, dans la parapyroxénite.

Chantier n° 25 (altitude approximative 1 760 m)

Situé sur la rive droite de Irhzer Targouine, un peu au-dessus du sill principal de granite et un peu au-dessous du chemin muletier de Tagmout. Les terrains sont des micaschistes verts (à biotite et chlorite), des grenatites, des skarns à pyroxène et grenat, dirigés N 40°W avec un pendage de 75° vers le NE. Ils sont injectés par du granite, de la pegmatite à rosettes de hornblende et de l'aplite à molybdénite, en veines de 1 à 5 mm d'épaisseur.

Plaques minces

Granite à pyroxène (Ti 6287) : quartz, plagioclase, pyroxène avec taches d'amphibole (ouralite), ilménite et leucoxène, biotite (très peu), apatite.

Granite à pyroxène (Ti 6228) : quartz, pyroxène jaune-verdâtre, apatite, ilménite et leucoxène, orthose-perthite, albite.

Diorite (Ti 6019) : roche orientée mais non litée ; hornblende en cristaux de 50 à 250 μ, minerai opaque, plagioclase (cf. andésine), épidote.

Gabbro à pyroxène et amphibole (Ti 6223) : augite, ouralite, apatite, ilménite et leucoxène, plagioclase basique.

Parapyroxénite gréseuse (Chka 323) : quartz en cristaux parfois très allongés (par exemple 1,2 cm de long sur 3 mm de large), calcite, pyroxène, plagioclase, sphène.

Parapyroxénite (MP 53) : quartz en grains de 30 à 150 μ, plagioclase de même taille, pyroxène vert pâle atteignant 0,8 mm à 1 mm, sphène en coin.

Wollastonitite à grenat (Ti 3187) : wollastonite, calcite, grenat brun clair renfermant des inclusions de pyroxène.

Sections polies

Ti 6190 : dans une aplite blanche comprenant des lits de diopside, on peut voir quelques amas de molybdénite.

PM 53 : filon d'aplite recoupant une parapyroxénite et un micaschiste. La minéralisation, localisée dans les zones riches en pyroxène, comprend de la molybdénite et un peu de chalcopyrite.

Source : MNHN, Paris

Chantier 25

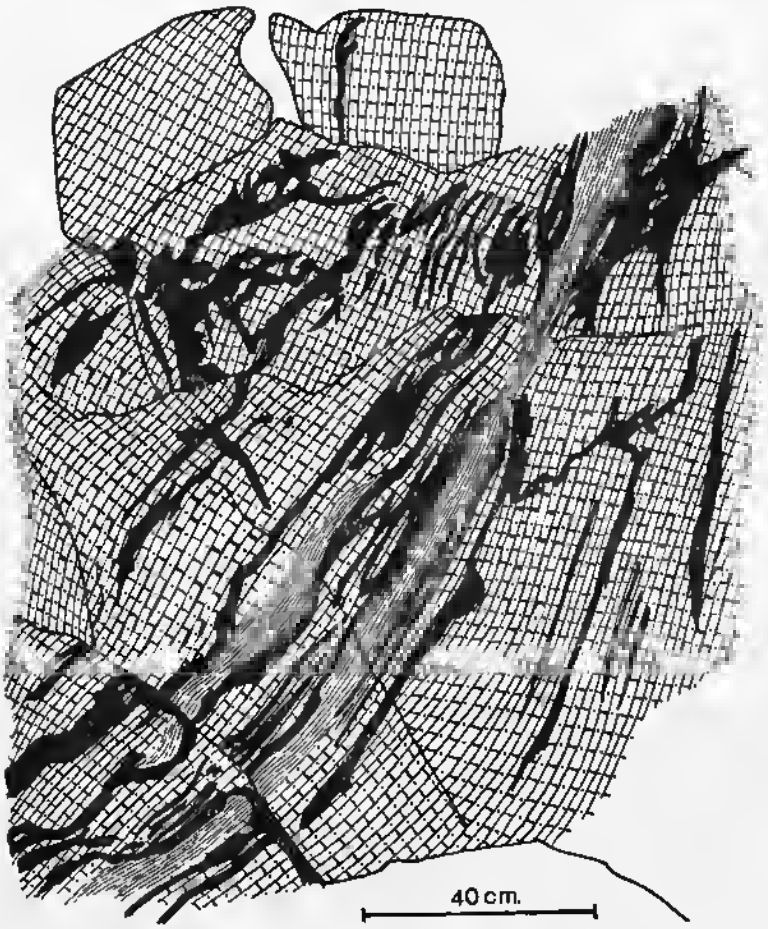


Fig. 20. — Chantier 25 (micaschiste, skarn et injections granitiques)

Conclusion partielle

Dans l'ensemble des chantiers du groupe d'Irhzer Targouine, la minéralisation est sporadique et peu abondante. On peut classer ces gîtes en deux ensembles suivant que le minerai a été introduit dans les skarns par des pegmatites et des aplites (chantiers nº 10, 11 et 12) ou plutôt par des aplites (chantiers nº 13, 14 et 25).

Les plus beaux amas de lamelles de molybdénites se rencontrent au contact des pegmatites et des skarns encaissants. Une remarque analogue a été faite pour le groupe des chantiers se trouvant à proximité du sommet d'Iskimoula.

Source : MNHN, Paris

Les chantiers voisins de Chabat Timrine et de ses ravines affluentes

Les chantiers sont disséminés sur les différents affluents de ce grand ravin, les uns dans les parties hautes (15, 16, 21, 22), les autres groupés dans les zones plus basses (17, 18, 19, 20, 23, 24, 26), près du contact du granite et des formations sédimento-métamorphiques.

Chantier n° 15 (cote approximative 1 820 m)

Situé assez loin d'Irhzer Targouine, sur sa rive droite, au-dessus du chemin muletier de Tagmout.

Les roches sont variées et ont des directions et des pendages différents : micaschistes, cornéennes à biotite, amphibolites, diopsidites, grenatites injectées par du granite aplitique. Leur disposition est souvent lenticulaire avec indices de laminage et d'écrasement. Ce granite renferme localement du pyroxène et du grenat (comme par exemple au chantier n° 20). La molybdénite est concentrée dans les grenatites au contact d'un filon-couche de granite aplitique.

Plaque mince

Parapyroxénite à lentilles résiduelles de calcite (Chka 66) : pyroxène incolore, amphibole incolore, grenat, quartz (peu), calcite, feldspaths à macles floues.

Chantier n° 16 (cote approximative 1 765 m)

Situé assez loin de l'Irhzer Targouine, sur sa rive droite, au-dessous de Taouti mais au-dessus du chemin muletier Tagmout-Iskimoula. Les couches sont verticales et dirigées S 30°W. Elles comprennent des micaschistes, des cornéennes à diopside et biotite, des cornéennes à diopside englobant des lentilles ovoïdes de grenatite et des traînées de mouches de molybdénite, des skarns à pyroxène et grenat. Ces couches sont injectées par du granite gneissique à amphibole, de la pegmatite (quartz, feldspath, pyrite) et de l'aplite. La molybdénite imprègne surtout les cornéennes à diopside au contact des aplites et des pegmatites contenant un peu de pyrite. A noter que des veines de granite forment un lacis très compliqué et se chargent de diopside ferrifère, devenant alors des dissogénites (roches à double origine) (Lacroix, 1923).

Plaques minces

Granite à pyroxène (Ti 6400) : quartz à nombreuses inclusions roses de forme irrégulière, pyroxène, apatite, sphène en coins à inclusions d'apatite, andésine à 41 % An.

Granite à pyroxène (Ti 6414) : quartz, pyroxène vert pâle, sphène en coins (fréquent), plagioclase, orthose.

Granite à pyroxène et grenat (Ti 6415) : quartz, minerai opaque abondant, sphène, grenat enrobant des inclusions de minerai opaque, pyroxène, plagioclase, orthose.

Diorite (un peu spécial) (Ti 5956) : minerai opaque, hornblende (renfermant de nombreuses inclusions de minerai opaque), plagioclase (cf. andésine) hyperstène (prismes pléochroïques tantôt en rose et incolore, tantôt en jaune et incolore ; extinction droite ; allongement positif ; polarisant surtout en jaune et orangé).

Chantier n° 17 (cote approximative 1 730 m)

Situé juste au-dessus du chemin muletier Tagmout-Iskimoula, lequel passe là dans le granite d'une part entre Irhzer Targouine (au S) et Chabat Timrine (au N), d'autre part entre Taferouta (à l'W) et les chantiers n° 15 et 16 (à l'E.) Ce chantier est séparé du n° 26 et du n° 19 par une faille marquée sur notre carte au 1/20 000.

Les roches sont des calcaires métamorphiques et des skarns à pyroxène et grenat où il y a prédominance du pyroxène. Elles sont en couches dirigées au SE, verticales ou à pendage de 80 à 85°

Source : MNHN, Paris

vers le NE. Localement on peut voir une alternance de bandes rouges (grenatite englobant de la calcite) et de bandes vertes (parapyroxénites). Le granite a envoyé des veines granitiques et quartzeuses à molybdénite qui recoupent ces diverses bandes. Un filon de microdiorite étranger à la minéralisation traverse et les calcaires et le granite.

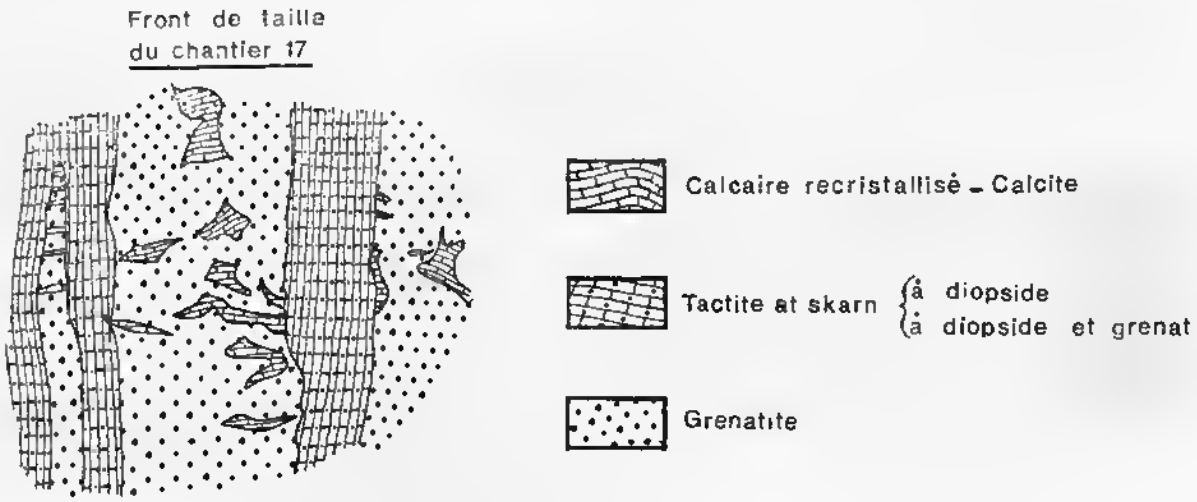


Fig. 21. — Chantier 17 (grenatite avec résidus anguleux de calcite, diopsidite)

Plaques minces

Amphibolite feldspathisée (Ti 6015) : quartz, hornblende, apatite, sphène, plagioclases fortement damouritisés, épidote, chlorite. Localement cette roche ne peut pas être distinguée d'un diorite.

Très beau skarn rubané à pyroxène et grenat (Chka 325), dérivé d'un calcaire impur (calcite en forte proportion à macles tordues), minerai opaque. Les minéraux ne sont pas distribués en lits. Dans cette roche, P. de Béthune et D. Laduron ont déterminé, à la sonde de Castaing, du grossulaire, de l'idocrase, de la salite et de la calcite.

Microdiorite à tendance doléritique (Ti 6457, filon à l'entrée du chantier) : hornblende, andésine en lattes orientées tous azimuths (0,5 à 2,5 mm), ilménite en grilles, apatite, quartz (peu).

Sections polies

Chka 325 : la molybdénite est localisée près d'une venue quartzo-feldspathique au contact des grenats.

MP 51 : très beau skarn à pyroxène et grenat avec quelques rares mouches de molybdénite au contact d'un filonnet aplitique. La section polie, dans le skarn, n'offre que quelques grains de pyrite et un peu de chalcopyrite en voie de transformation en covellite.

Échantillons sans numéro : des skarns rubanés à pyroxène et grenat montrent de belles concentrations de molybdénite en relation avec de minces filonnets aplitiques.

Chantier n° 18 (cote approximative 1 680 m)

Il est situé entre Irhzer Targouine (au S) et Chabat Timerine (au N), au SW du chemin muletier de Tagmout, un peu au-dessous du chantier n° 19 supérieur, et très près du granite.

Les roches sont essentiellement des skarns à prédominance de pyroxène englobant des noyaux de grenats et un peu de micaschistes au contact d'un granite gneissique d'où partent des filons de pegmatite à biotite et à grands feldspaths qui forment un stockwerk.

Source : MNHN, Paris

Chka 775 : skarn où le microscope montre du grenat, du pyroxène vert et un peu d'idocrase. P. de Béthune et D. Laduron y ont déterminé à la sonde de Castaing du grossulaire, de l'idocrase zoné, de la salite et de la prehnite.

A 6 m au NW du chantier, les skarns entourent une lentille de calcaire bien reconnaissable à crêtes quartzo-feldspathiques plus résistantes que lui.

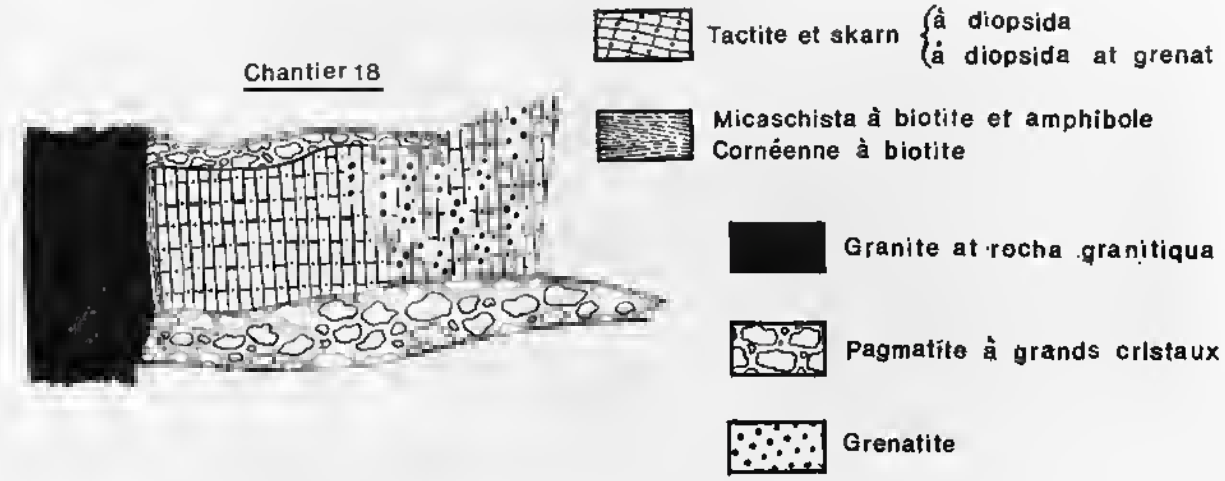


Fig. 13. — Chantier 18 (skarns, micaschistes, granite, pegmatite)

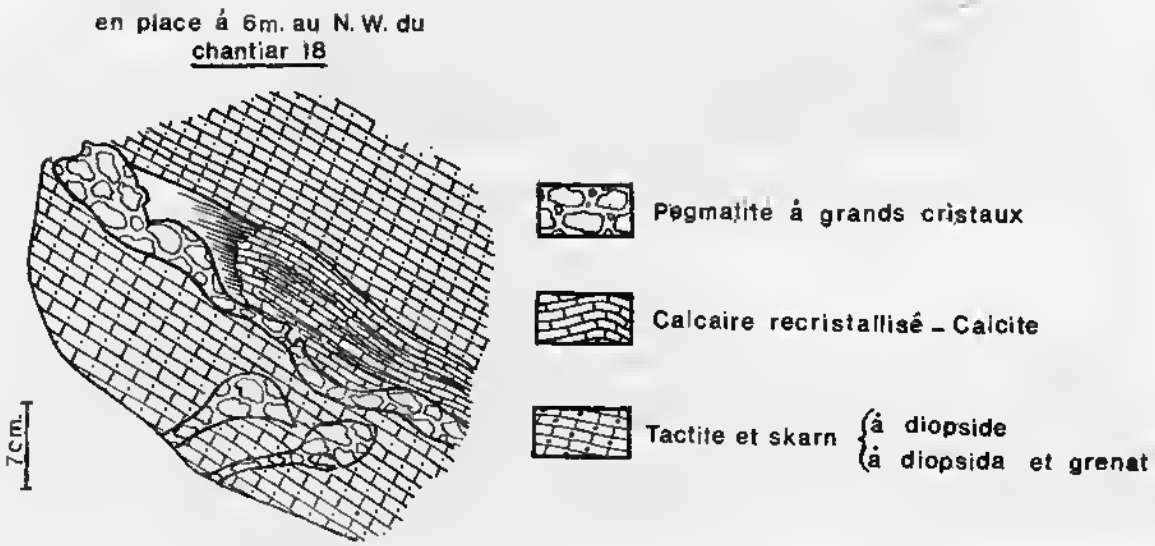


Fig. 14. — Chantier 18 (calcaire métamorphique à crêtes quartzo-feldspathiques, pegmatite)

Section polie

MP 131 : très beau skarn rubané à bandes alternées de pyroxène et de grenat, imprégné (principalement dans les couches à grenat) de venues quartzo-feldspathiques minéralisées en molybdénite. Une section ne montre que ce minéral au contact de la venue quartzo-feldspathique.

Source : MNHN, Paris

Chantier nº 19 (cote approximative 1 690 m)

Situé entre Irhzer Targouine (au S), Chabat Timerine (au N), et au-dessous du chemin muletier Tagmout-Iskimoula.

Les roches sont des skarns à pyroxène et grenat avec prédominance du pyroxène, lequel est vert clair. Dans le même chantier, il y a des bancs à pyroxène vert foncé (ressemblant à la salite et à l'hédenbergite). Ces couches, dirigées N 40ºW, sont verticales ou pendent à 80º vers le NE. Elles sont injectées par des filonnets de granite, de pegmatite et d'aplite à traînées de pyroxène et d'autres minéraux, donnant ainsi naissance à des dissogénites, roches favorables au dépôt de la molybdénite. La particularité de ce chantier réside dans les *aplites à films de molybdénite parallèles* et très minces (une fraction de millimètre) mais très nombreux. En 1940, il passait pour le plus riche de tous et avait fourni des échantillons à 13 % de minerai.

Remarque. Il nous a semblé que les dissogénites (A. Lacroix, 1922, 1924) sont des roches propices au dépôt de la molybdénite, mais ceci demande confirmation.

Chantier nº 19 supérieur

Établi dans les mêmes couches que le nº 19, mais à quelques mètres au SE : skarns à pyroxène et grenat ; les « injections » de roches granitiques sont extrêmement ramifiées. La zone minéralisée a 30 cm d'épaisseur.

Plaques minces

Granite à biotite (Ti 6010 B) : quartz, plagioclase, biotite, minerai opaque, apatite, sphène.

Aplite (Chka 305) : l'échantillon montre des lits blancs quartzo-feldspathiques, dont certaines plages font encore effervescence avec HCl (présence de calcite non assimilée), et des zones verdâtres à pyroxène. On observe à l'œil nu une minéralisation en molybdénite lit par lit.

Aplite litée en minces films de molybdénite (Chka 305 bis) : quartz, plagioclase, pyroxène. La molybdénite ne se trouve pas dans les zones les plus quartzeuses mais elle suit la pyroxène et touche les feldspaths. De plus, elle renferme des *inclusions de pyroxène* longues, étroites at souvent courbes, probablement arrachées à des skarnoïdes. La conclusion évidente est que *la minéralisation est postérieure au métamorphisme.*

Granite aplitique (Ti 6355) : quartz, pyroxène, minerai opaque, poussière noire, plagioclase, microcline.

Granite aplitique à pyroxène et molybdénite (Chka 232) : quartz de type granitique, pyroxène d'un vert pâle, andésine (à au moins 40 % An). Les lamelles de molybdénite enserrent un minéral incolore très réfringent, à biréfringence très forte, extinction droite et allongement négatif, qui est de la prehnite.

Granite à pyroxène (Ti 6415) : quartz en forte proportion, pyroxène vert, minerai opaque, plagioclase.

Granite porphyroïde à 2 micas et sillimanite (Ti 6022) : quartz en individus bien délimités, biotite, muscovite, minerai opaque, apatite, plagioclases à contours amiboïdes et beaucoup plus grands que les quartz, sillimanite en filons formant un manchon autour de quelques feldspaths.

Granite gneissique à pyroxène, minéralisé (MP 119) : roche nettement orientée, quartz en cristaux de 100 μ à 1 mm, minerai opaque, plagioclase, pyroxène d'un gris-vert pâle.

Granodiorite (Ti 6017) : quartz, plagioclases damouritisés, hornblende renfermant des inclusions de minerai opaque, biotite abondante, ilménite (en sections octaédriques et en grilles) et leucoxène, apatite en longues baguettes.

Gneiss à pyroxène (Chka 155) : roche foliée, nettement métamorphique ; quartz, pyroxène vert pâle ; plagioclases, minerai opaque formant des mailles. Cette roche est fortement imprégnée de molybdénite localisée dans les parties les plus claires.

Parapyroxénite feldspathisée (Chka 302) : cette roche offre des lits lenticulaires, les uns blancs (quartz), les autres verts (pyroxène), et très peu de grenat. Le plagioclase est de l'andésine basique. P. de Béthune et D. Laduron y ont déterminé, à la sonde de Castaing, de l'andradite, de l'hédenbergite, de la prehnite et de la calcite.

Parapyroxénite (Chka 140) : roche à grain fin ; quartz, plagioclase, pyroxène vert, molybdénite.

Source : MNHN, Paris

Parapyroxénite (Ti 6222) : quartz en grains de 50 à 250 μ, pyroxène vert pâle, sphène, plagioclase à lamelles hémitropes très larges.

Parapyroxénite gréseuse (Ti 6010) : quartz, plagioclass, pyroxène jaunâtre, spbène, zoïsite (variété non ferrique offrant des mâcles polysynthétiques).

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 6021) : quartz (dominant) en grains de 50 à 250 μ, plagioclases atteignant 2 mm (à contours en dentelle), hornblende (en cristaux de 30 à 500 μ), biotite localisée, apatite, ilménite et leucoxène, épidote.

Amphibolite gréseuse à grenat (Chka 381) = MP 23 : quartz (avec structure en étoile), hornblende, grenst, pyrite en forte proportion, magnétite se transformant en bématite. Certaines zones sont de véritables skarns à amphiboles et grenats.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6393) : quartz, pyroxène (vert sombre à la loupe et vert pâle au microscope), grenat rose par transparence.

Roche éruptive (Ti 6017 bis) : structure assez proche de la structure ophithique : quartz, biotite, amphibole (où les clivages sont coupés par des bandes noires), plagioclases parfois zonés, ilménite et leucoxène.

Sections polies

1) *Dans les aplites blanches avec peu de pyroxène* :

Chka 305 : au microscope métallographique, on voit la molybdénite à l'exclusion d'autres sulfures.

Chka 232 : on remarque quelques très belles bandes de molybdénite associées localement à un peu de pyrite.

MP 119 : belle minéralisation en molybdénite distribuée lit par lit. Microscopiquement, on constate que la molybdénite se répartit grossièrement suivant la schistosité de la roche mais que les veines quartzo-feldspathiques qui suivent également cette schistosité, sont pratiquement stériles.

2) Dans les *parapyroxénites* minéralisées en molybdénite au contact d'un filon aplitique :

Ti 6222 : la minéralisation est localisée aux épontes de la partie blanche quartzo-feldspathique mais il y a peu de molybdénite dans la zone à pyroxène elle-même. Dans celle-ci, la minéralisation se trouve à l'intérieur des filonnets aplitiques ou contre eux.

Chka 140 : la minéralisation paraît un peu plus diffuse que dans les cas précités mais, au microscope, on voit que la molybdénite est localisée près des zones riches en pyroxène.

Ti 6355 : parapyroxénite renfermant un gros amas de molybdénite et de petites mouches disséminées au voisinage des pyroxènes. Le microscope révèle en outre de rares grains de pyrrhotite.

3) Dans Cbka 381, *amphibolite au contact d'un filon de quartz.*

Au microscope on constate que la pyrite est abondante, en cristaux automorphes dont certains présentent d'importants golfes de corrosion et des lacunes. L'hématite est fréquente et provient de la transformation de la magnétite. Enfin la chalcopyrite, en petites plages xénomorphes, est souvent fortement altérée en covellite.

Ti 6021 : amphibolite où de petits amas de molybdénite suivent grossièrement la foliation ; le microscope ne révèle aucun autre sulfure.

4) Dans un *skarn à pyroxène et grenat*, recoupé par une pegmatite montrant un peu de molybdénite. La minéralisation est abondante, surtout dans les parties conservant des reliquats carbonatés (calcite) ou riches en pyroxène.

Chantier n° 20 (cote approximative 1 635 m)

Ouvert dans le thalweg même de Chabat Timrine, sous une cascade. D'amont en aval on observe : 1) le granite parcouru par des veines de pegmatite à feldspaths blancs et roses, quartz et grenats, ainsi que des feldspaths verdâtres et des ferromagnésiens. (En 1945, les plus grosses veines de pegmatites coupaient le granite à 10 m au-dessous de sa limite supérieure) ; 2) des gneiss porphyroïdes à amphibole ; 3) des amphibolites ; 4) un granite gneissique à amphibole ; 5) des grenatites ; 6) des cornéennes à diopside ; 7) un filon-couche de granite ; 8) des micaschistes.

Ce qui distingue ce chantier des autres est que *le granite lui-même* offre des joints renfermant des placages de molybdénite.

Source : MNHN, Paris

Dans le détail, une amorce de galerie profonde de 2 m montrait (en 1945) :

a) du granite peu homogène à grenats clairsemés, offrant des parties à quartz atteignant 1 cm, du feldspath rose (1 cm) et des grenats (1 à 2 cm), cela sur 20 cm ;

b) du granite à grenats répartis plus régulièrement : 16 cm ;

c) du granite à minéraux, grenat et minéral riche en fer puisqu'il se décompose en limonite : 7 cm ;

d) du granite comparable à b : 20 cm ;

e) du granite plus leucocrate.

Le tout est recoupé par des cassures minéralisées en molybdénite.

Fig. 15. — Chantier 20 (amphibolite, grenatite, parapyroxénite, gneiss amphibolique, granite, pegmatite à feldspath rose, feldspath verdâtre, quartz et grenat ; la molybdénite forme des placages dans les joints du granite)

Plaques minces

Granite à muscovite (Ti 6018) : quartz en cristaux de 20 à 200 μ, muscovite en lamelles flexueuses, apatite, minerai opaque, plagioclase damouritisé.

Granite à pyroxène (Ti 6257) : quartz très riche en inclusions, orthose, orthose-perthite, plagioclase, pyroxène vert bouteille, apatite, sphène, minerai opaque, micropegmatite fréquente.

Granite à pyroxène (Ti 6259) : quartz, orthose-perthite, plagioclase, pyroxène d'un jaune verdâtre, micropegmatite, minéral riche en fer ayant donné une altération limonitique.

Granite à pyroxène (Ti 6260) : quartz, microcline-perthite, pyroxène verdâtre, micropegmatite, limonite.

Granite à pyroxène (Ti 6320) : quartz, orthose-perthite, pyroxène, micropegmatite, apatite.

Granite à pyroxène (Ti 6333) : quartz granitique, orthose-perthite à clivages fortement marqués, pyroxène (parfois ouralitisé), apatite, sphène, microcline-perthite et micropegmatite.

Source : MNHN, Paris

Leucogranite à pyroxène (Ti 6347) : quartz en individus bien délimités de 100 à 250 μ, plagioclase (renferment des aiguilles de rutile), pyroxène vert clair, sphène, micropegmatite et, localement, petites plages de calcite (probablement empruntées aux terrains encaissants).

Granite à pyroxène (Ti 6380) : quartz, orthose-perthite, micropegmatite, apatite, pyroxène vert offrant une altération brune et renfermant des inclusions de sphène.

Granite à pyroxène (Ti 6423) : quartz en proportion assez faible, orthose-perthite, plagioclase, sphène, pyroxène vert pâle.

Granite à pyroxène (Ti 6426, banc e) : quartz, ortbose-perthite, plagioclase, micropegmatite, apatite, pyroxène vert pâle (altéré en un minéral brun polarisant en jaune et rouge, qui est peut-être de l'allanite).

Granite à pyroxène (Chka 301) : quartz, plagioclase, microcline, micropegmatite, pyroxène.

Granite à pyroxène (Ti 6446) : qusrtz, plagioclase, orthose, minerai opaque, pyroxène vert altéré en un minéral brun-rouge pléochroïque à extinction oblique (15°) qui paraît bien être de l'aenigmatite, amphibole verte.

Granite à pyroxène (Ti 6447) : quartz, orthose-perthite en forte proportion, micropegmatite, apatite, pyroxène vert.

Granite à pyroxène (Ti 6446 bis) : quartz, pyroxène vert jaunâtre, apatite, sphène, plagioclase.

Granite à pyroxène, à tendance porphyroïde (Ti 6232) : quartz, plagioclase à lamelles hémitropes très larges, micropegmatite, sphène, pyroxène vert pâle.

Granite à amphibole (Ti 6011) : quartz, hornblende (renfermant de nombreuses inclusions d'apatite et de minerai opaque), grands feldspaths sans macles (l'un d'eux renferme en enclave un fragment de feldspath différemment orienté comme le montrent ses clivages), biotite (peu), apatite, ilménite et leucoxène, micropegmatite.

Granite orienté à amphibole (Ti 6336) analogue au précédent.

Granite à amphibole (Ti 6257) : roche grenue, amphibole très peu pléochroïque ayant des extinctions de 38° à 40° (ce qui fait penser à la Mg-hastingsite ou à la fluotaramite), plagioclase, ortbose, cf. microcline, myrmékite.

Granite à grenat et allanite (Ti 6403) : quartz, grenat jaune pâle, orthose-perthite en forte proportion, plagioclase, micropegmatite, sphène, *allanite* (brun-rouge, légèrement pléochroïque, un clivage net, allongement positif, réfringence forte, polarisant dans sa couleur ; ce minéral paraît être né par altération d'un pyroxène). En section polie, cette roche n'a révélé aucun sulfure.

Granite à pyroxène et allanite (Ti 6426) : quartz, orthose-perthite, apatite, plagioclase, micropegmatite, pyroxène vert pâle, un peu d'sllanite en bordure d'un pyroxène.

Granite alcalin à grenat et allanite (Ti 6470) : quartz, orthose, microcline-perthite, micropegmatite, grenat jaune pâle, allanite pléochroïque (brun-rouge foncé, brun-rouge clair).

Syénite (Ti 6216) : roche grenue ; apatite fréquente, ilménite et leucoxène, hornblende à inclusions de minerai opaque, biotite (moins que d'amphibole), plagioclase, orthose, myrmékite.

Syénite qnartzique (Ti 6452) : hornblende, orthose-perthite, plagioclase, quartz (peu), sphène.

Syénite quartzique à allanite (Ti 6446) : quartz (très peu), orthose-perthite, microcline-perthite, plagioclase, pyroxène vert pâle, allanite épigénisant un pyroxène.

Microgranite (Ti 6001) : roche à 2 temps : I) phénocristaux d'andésine basique, chlorite bordée par un minéral opaque ; II) mésostase quartzo-feldspathique.

Rhyolite (Ti 6381) : roche orientée à 2 temps : I) phénocristaux de quartz atteignant 0,7 mm et offrant des golfes de *corrosion*, minerai opaque ; II) pâte quartzofeldspathique orientée où l'on distingue des microlites alignés et où l'on constate une indiscutable *fluidalité* ; mica blanc en petites paillettes. Mais il n'y a ni verre ni sphérolites, et la roche ne comporte pas de minéraux ferromagnésiens.

Aplite à pyroxène et grenat (Ti 6360) : quartz, orthose-perthite, microcline, micropegmatite, pyroxène vert avec une altération brun rouge (qui est peut-être de l'allanite), ouralite, sphènes en coins plus ou moins alignés (provenant de fumerolles riches en titane ?), grenat jaune verdâtre, interstitiel entre des feldspatbs et englobant un autre feldspath (il est donc postérieur à tous ces feldspaths qu'il cimente).

Aplite grenatifère (Ti 6344) : quartz chargé d'inclusions roses, orthose-pertbite avec enclaves de quartz, microcline-perthite avec enclaves de quartz, sphène en coins, grenat jaune clair.

Source : MNHN, Paris

Aplite à pyroxène (Chka 301) : quartz en cristaux souvent parcourus par une multitude de traits noirâtres (peut-être corrosion chimique par les fluides minéralisateurs), pyroxène et amphibole, micropegmatite, plagioclase, sphène, microcline.

Venue quartzo-feldspathique pauvre en quartz (Chka 300) : plagioclase dominant de beaucoup, quartz en faible proportion, minerai opaque formant des traînées.

Gneiss amphibolique (Ti 6006) : c'est une roche grenue á grain moyen nettement orientée ; quartz, plagioclase en forte proportion, hornblende, sphène.

Diorite (Ti 6336) : roche grenue, non orientée, composée d'amphibole, plagioclase (cf. andésine), minerai opaque, apatite.

Diorite micacé (Ti 6216) : hornblende, biotite, quartz, minerai opaque orthose (peu), plagioclase à macles floues renfermant des inclusions, micropegmatite.

Parapyroxénite gréseuse (Ti 6232) : quartz en grains de 100 à 500 μ, pyroxène, leucoxène, plagioclases détritiques en assez forte proportion, feldspaths de néoformation atteignant 2 mm, myrmékite.

Parapyroxénite amphibolique feldspathisée (Chka 695) : roche bien litée, formée de couches, les unes à grain fin (50 à 200 μ), les autres à grain moyen (200 à 1 200 μ), souvent séparées par des lits de chlorite. Quartz, pyroxène presque incolore, amphibole vert pâle, chlorite (provenant de l'amphibole), zoïsite, sphène renfermant des inclusions d'apatite, minerai opaque, plagioclase. Filonnets de leucoxène et de chlorite.

Skarnoïde gréseux á pyroxène et amphibole (Ti 6448) : roche formée de lits lenticulaires blancs (à quartz en grains de 50 à 150 μ) et de lits lenticulaires verts (où pyroxène atteignant 0,5 mm, hornblende, minerai opaque, apatite).

Skarn á pyroxène et grenat (Ti 6451) : en plus de ces minéraux, il y a un peu de minerai opaque et du quartz interstitiel.

Grès calcaire feldspathisé (Ti 6018 bis) : quartz en grains de 10 à 25 μ ou de 20 à 50 μ suivant les lits, calcite, minerai opaque, apatite, plagioclases damouritisés, mica blanc (provenant de l'altération des feldspaths).

Sections polies

1) Dans les aplites à grain fin

Chka 300 : aplite renfermant de la molybdénite en petits amas disséminés. Le microscope montre ce minerai ainsi qu'un peu de chalcopyrite.

Chka 301 : échantillon presque identique au précédent. Le microscope n'y révèle que de la molybdénite.

2) Dans une aplite blanche conservant des amas de pyroxène et de grenat :

Chka 300 B : aplite minéralisée en molybdénite ; le microscope permet de voir que dans la zone riche en pyroxène, la pyrrhotite est associée à la chalcopyrite. On remarque quelques grains de pyrite disséminés çà et là. La molybdénite en beaux amas « suit » le pyroxène.

Remarque : Il faut souligner la fréquence de l'*allanite* dans plusieurs roches de ce chantier (Ti 6403, Ti 6446 et peut-être Ti 6360).

Chantier n° 21 (cote approximative 1 760 m)

Situé entre Chabat Timerine (au SE) et Irhzer Oumdraz (au NW), dans la même bande de terrains métamorphiques que le chantier n° 16 et à peu près à la même altitude que lui. Le terrain est constitué par des grenatites, des micaschistes et des skarns à grenat et pyroxène qui montrent une forte altération ferrugineuse et des concentrations d'un minerai vert clair au contact des pegmatites. Nous avons remarqué l'existence de cannelures inclinées de 10 à 15° sur l'horizontale, qui sont dues à un décrochement.

Devant l'entrée de la galerie, il y a, dans le skarn, une masse tentaculaire formée d'épidote et de calcite, de 40 cm de diamètre.

La molybdénite se trouve dans les skarns au contact des pegmatites.

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Micagrès à biotite et amphibole (Ti 6002) : quartz en grains de 10 à 80 μ, hornblende, biotite d'un brun verdâtre (30 à 150 μ), minerai opaque pulvérulent, feldspath poecilitique atteignant 2 mm.

Parapyroxénite à gros grain (Chka 320) : pyroxène jaune sale en gros cristaux, plagioclase.

Parapyroxénite feldspathisée (Chka 379) : pyroxène, plagioclases en petits cristaux, orthose-perthite, apatite.

Skarnoïde à pyroxène, grenat et dipyre (Ti 6251) près du chantier n° 21 sur la rive droite de Chabat Timrine) : calcite, quartz, grenat jaune pâle, pyroxène, dipyre (renfermant des inclusions de pyroxène) en contact avec de grandes plages de calcite.

Skarnoïde à pyroxène et grenat (Ti 6402, Ti 6462, Ti 6322, Ti 6297, Ti 6251) : calcite, pyroxène, grenat jaune pâle ou rose, sphène en coins, quartz offrant des files d'inclusions.

Skarnoïde à grenat, pyroxène et amphibole (Ti 6291) : calcite, quartz, grenat dominant, pyroxène, amphibole incolore.

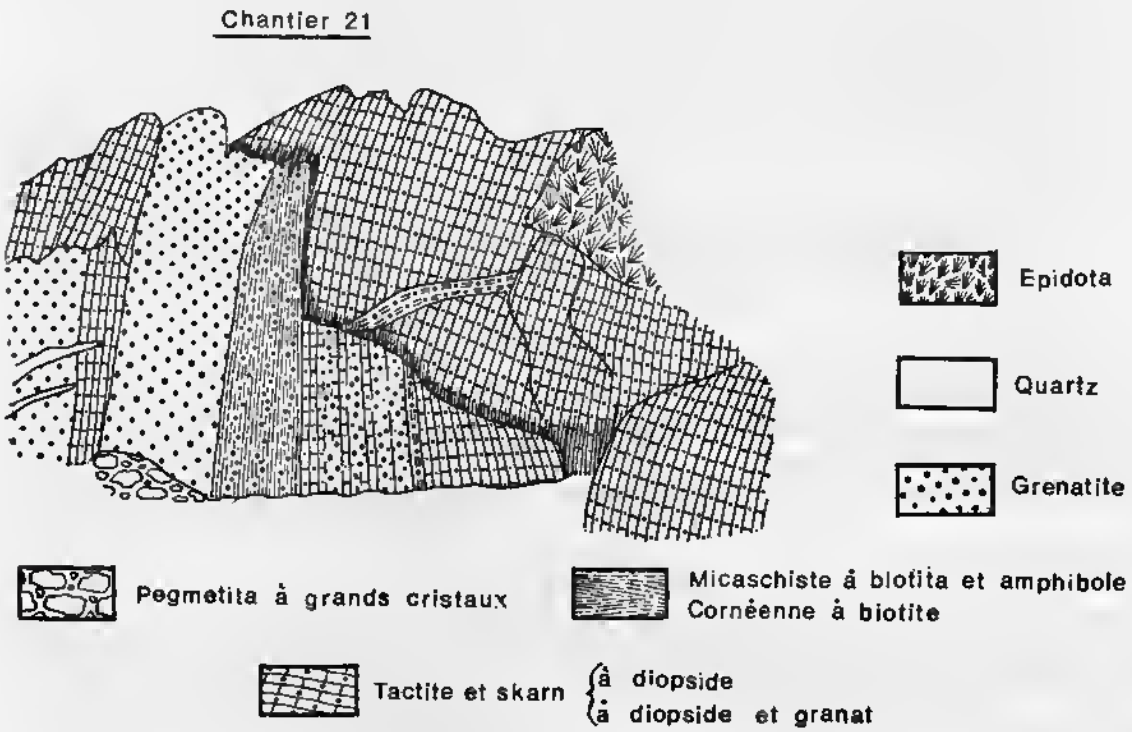


FIG. 16. — Chantier 21 (micaschiste, grenatite, skarn, veine d'épidote, surface cannelée)

Section polie

Chka 320 : aucune minéralisation.

Chantier n° 22 (cote approximative 1 775 m)

Situé au N de Taouoti, dans le thalweg de Irhzer Oumdraz, à une altitude d'environ 1935 m. Les roches sont des micaschistes, des gneiss d'injection, des cipoline, des amphibolites, des grenatites, des skarns à grenat et pyroxène en couches verticales dirigées au NW. Elles sont fortement injectées par une pegmatite à molybdénite très ramifiée et par du granite à pyroxène. Des veines d'aplite stérile coupent la molybdénite et sont donc postérieures à la minéralisation.

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Syénite quartzique (Ti 6445) : orthose-perthite en proportion majeure, hornblende abondante et souvent maclée, biotite (peu), quartz en cristaux hexagonaux, inclus dans les feldspaths.

Grès calcaro-ferrugineux micacé à anthophyllite (Ti 6000) : quartz en grains de 10 à 50 μ, calcite, limonite en forte proportion, minerai opaque, mica blanc, anthophyllite (baguettes incolores longues de 0,5 à 1 mm, polarisant de gris à jaune, extinction droite, allongement positif, formant des faisceaux). La roche est traversée par des veines de silice où certains cristaux atteignent 450 μ.

Grès chloriteux à tourmaline (Ti 6008) : quartz en grains de 20 à 30 μ, minerai opaque en amas de 10 à 50 μ, souvent entourés par une enveloppe translucide brun orange, apatite, séricite, chlorite, tourmaline.

Parapyroxénite (Chka 304) : quartz, pyroxène verdâtre, andésine, sphène (en coins), molybdénite ; cette roche est recoupée par une aplite.

Skarn (Chka 304 A) : P. de Béthune et D. Laduron ont déterminé à la sonde de Castaing dans cette roche : grossulaire, idocrase, salite, ferrosalite et prehnite.

Skarn à pyroxène et grenat (MP 130) : quartz et calcite localisés, minerai opaque, pyroxène, grenat renfermant des inclusions de quartz et de pyroxène, sphène abondant.

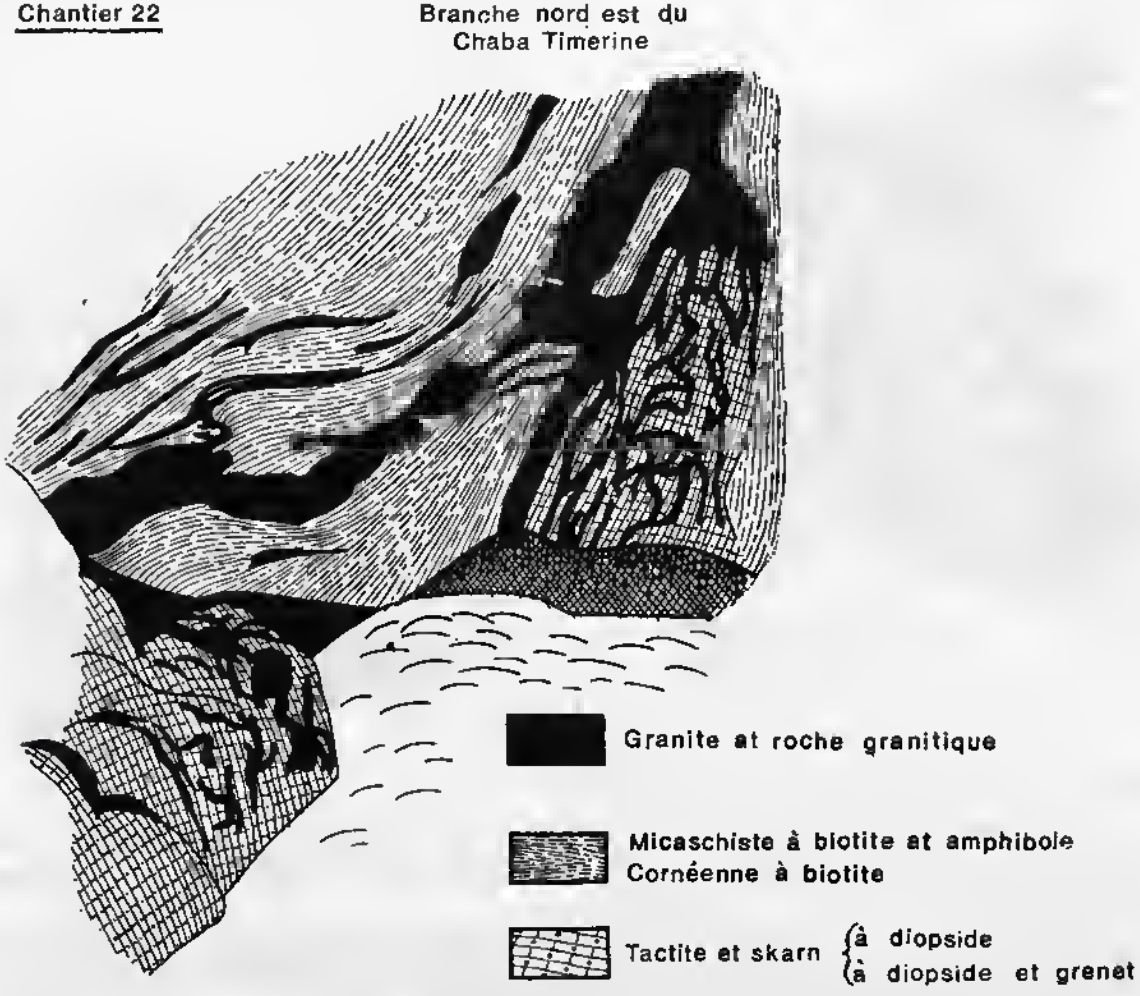


Fig. 17. — Chantier 22 (micaschistes, skarn, injections granitiques)
A droite, en bas : lèvre d'une petite faille

Source : MNHN, Paris

Sections polies

Chka 380 : très beaux skarns à pyroxène et grenat minérslisé en molybdénite dans une zone riche en pyroxène et recoupée par un filonnet d'splite stérils. Le sulfure de molybdène est très localisé dans la roche et, mis à part l'smas principal, il n'apparaît que sous forme de petites mouches.

MP 130 près de Taouoti : sksrn à pyroxène et grenat reconpé par de fines veines d'aplite. La molybdénite s'est placée indifféremment près des zones à pyroxène ou à grenat. Au microscope on voit de petits amss de molybdénite et des cristaux dispersés de pyrite et de cbslcopyrite.

Chka 304 A : beau skarn à pyroxène et grenst minéralisé en molybdénite au contact de filonnets aplitiques. Le microscope montre de la molybdénite à l'état dispersé, de la chalcopyrite altérée en covellite ainsi que quelques grains de pyrite.

MP 128 : skarn à pyroxène et grenat. L'échantillon montre des lamelles de molybdénite mais celle-ci n'est pss visible sur la section polie. Cependant on observe quelques petits amas de pyrrhotite en voie de transformation en marcasite.

Chka 304 : l'aplite montre des bandes minéralisées en molybdénite tandis que la parapyroxénite qu'elle recoupe ne présente pas de minéraux métalliques.

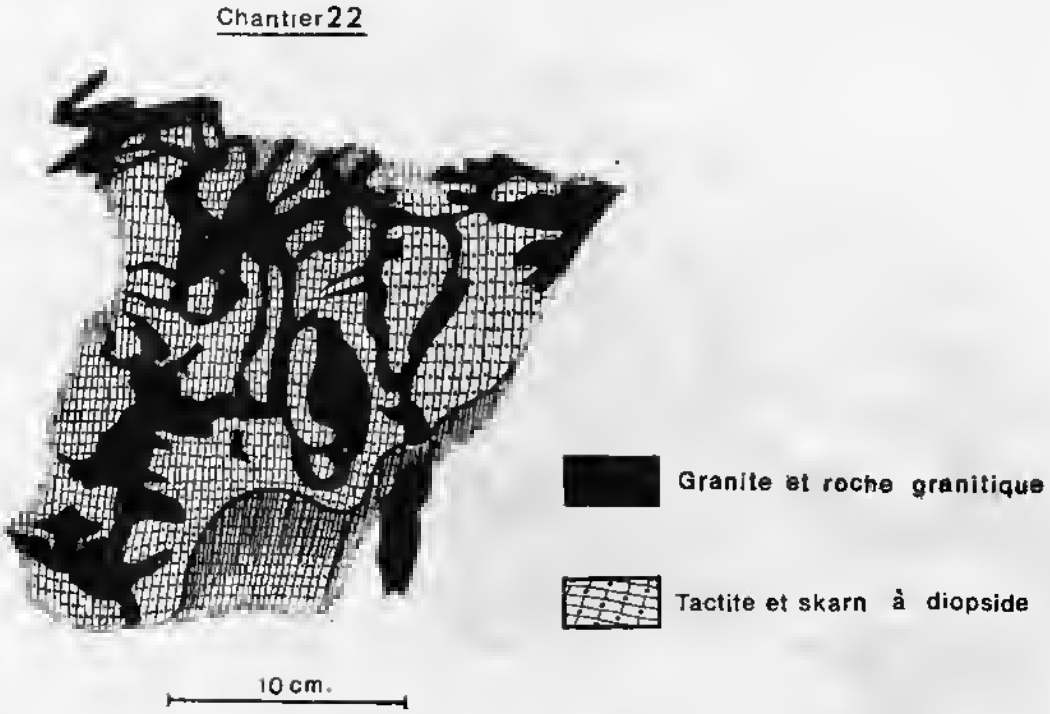


Fig. 18. — Chantier 22 (skarn à diopside, granite à diopside)

Chantier n° 23 (cote approximative 1 680 m)

Situé entre Irhzer Targouine (au SE) et Chabat Timrine (au NW), au-dessous du chemin muletier de Tagmout, entre le chantier n° 18 (au NW) et le chantier n° 24 (au SE) (séparé de ce dernier par une faille marquée sur notre carte au 1/20 000).

Les roches sont des micaschistes et des skarns à pyroxène et grenat en couches verticales ou presque, dirigées W 30°N. Elles sont recoupées par une pegmatite à très gros éléments (quartz, amphibole, feldspath blanc, feldspath vert-bleu) et de l'aplite à molybdénite.

Source : MNHN, Paris

Plaques minces

Veine quartzo-feldspathique (Ti 6012 bis) : quartz, orthose-perthite, plagioclases (pas de minéraux ferromagnésiens). Cette roche passe à une pegmatite et elle est accolée à une amphibolite (Ti 6012).

Parapyroxénite (Ti 6268) : pyroxène incolore en cristaux de 50 à 150 μ, quartz (très peu), feldspaths altérés et localisés, apatite, minerai opaque (peu), sphène, épidote, un peu de grenat.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6438) : grenat, pyroxène, quartz, sphène, limonite, filonnets siliceux.

Skarn à pyroxène et grenat (Ti 6099) : pyroxène en cristaux de 50 à 200 μ, grenat, leucoxène, feldspaths à macles floues.

Skarn à grenat et pyroxène (Ti 6411) : grenat, pyroxène, minerai opaque, calcite, (pas de feldspath).

Amphibolite gréseuse (Ti 6012) : quartz en grains de 50 à 100 μ, hornblende, sphène, chlorite, hématite.

Chantier n° 24 (cote approximative 1 680 m)

Il est situé à 12-15 m au SE du chantier n° 23, séparé de lui par une faille (marquée sur notre carte au 1/20 000).

Les roches sont des parapyroxénites et des skarns à pyroxène et grenat. Elles se trouvent à proximité d'un granite broyé par la faille mentionnée mais séparées de lui par un filon de microdiorite bien visible, sous une cascade. Elles sont minéralisées en molybdénite au contact d'une pegmatite.

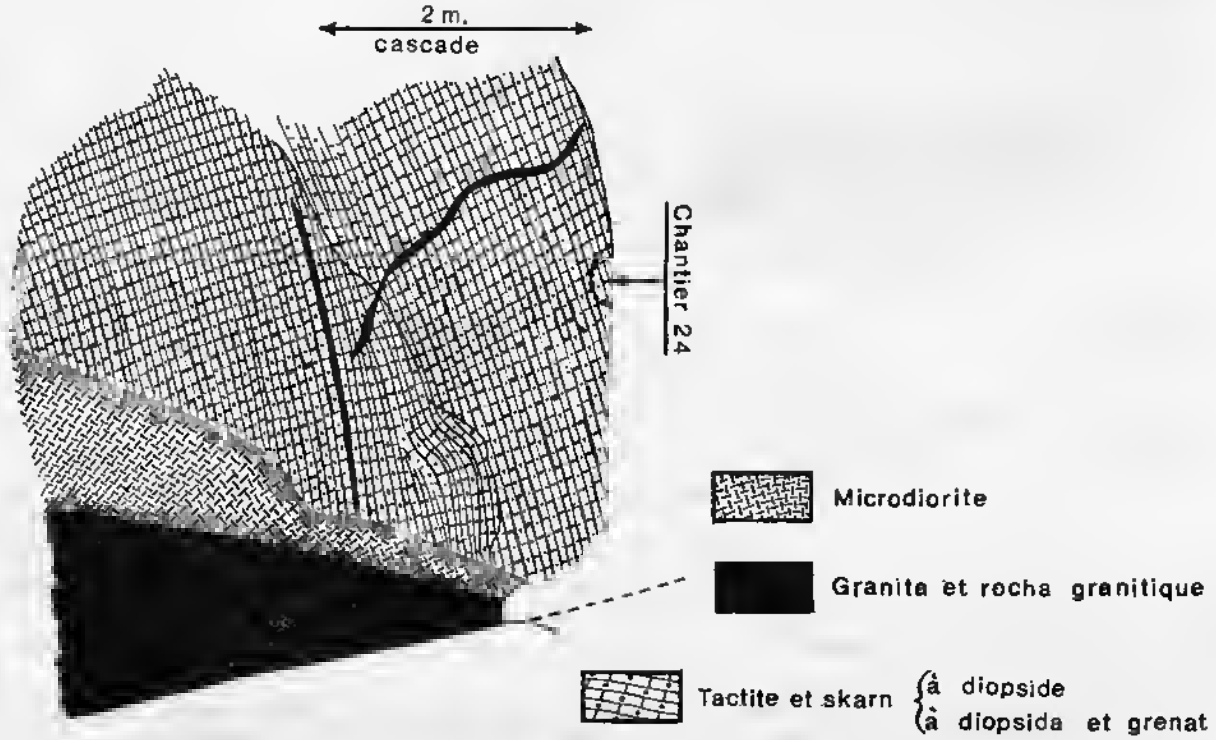


FIG. 19. — Chantier 24 (parapyroxénite, skarn, faille et granite broyé, microdiorite)

Plaque mince

Microdiorite micacé (Ti 6218) ; roche à 2 temps : I) plagioclases atteignant 2 à 3 mm, presque entièrement damouritisés ; II) les autres minéraux se présentent en cristaux de 30 à 150 μ : amphibole très pléochroïque, biotite, quartz, leucoxène.

Cette roche qui constitue un filon très sombre (presque noir) est postérieure à la minéralisation.

Source : MNHN, Paris

Chantier nº 26 (cote approximative 1 700 m)

Situé entre Irhzer Targouine (au SE) et Chabet Timrine (au NW), séparé du chantier nº 17 par une faille (de direction NE), au-dessous du chemin muletier de Tagmout et au-dessus du chantier nº 24.

Les roches sont des amphibolites, des cornéennes à pyroxène, des skarns à pyroxène et grenat, injectées par un granite orienté ; un gros filon d'aplite passant à la pegmatite, le tout traversé par un sombre filon de microdiorite étranger à la minéralisation.

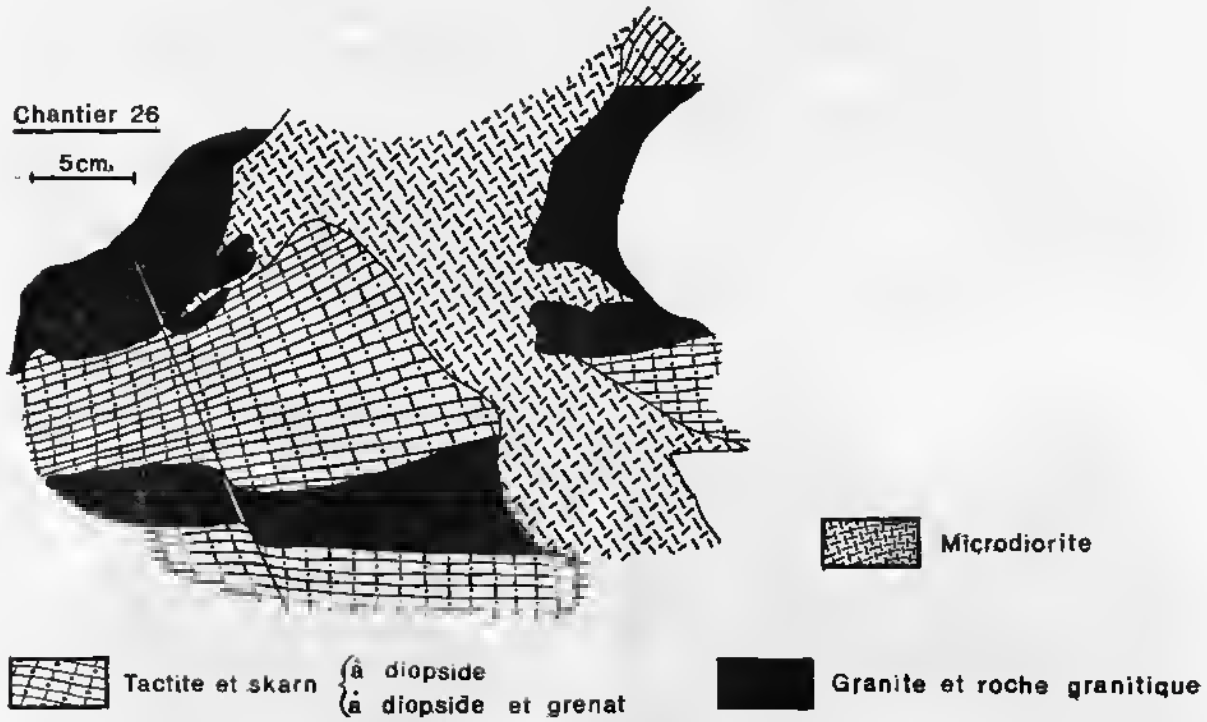


FIG. 22. — Chantier 26 (diopsidite, granite aplitique, microdiorite)

Plaques minces

Skarnoïde à *pyroxène, amphibole et zoïsite, feldspathisé* (Ti 5091) : quartz d'origine détritique (de 50 à 400 µ), pyroxène, amphibole, biotite (peu), zoïsite, chlorite, leucoxène, feldspaths damouritisés. Sur le terrain, cette roche paraît avoir subi des phénomènes de rhéomorphisme.

Skarnoïde à pyroxène et amphibole, feldspathisé (Ti 1254) : quartz, pyroxène incolore, amphibole, minerai opaque, apetite, plagioclase.

Amphibolite micacée feldspathisée (Cbka 753) : roche orientée ; quartz en cristaux allongés (de 30 à 120 µ), hornblende, biotite partiellement chloritisée, minerai opeque, feldspaths damouritisés (3 à 4 mm).

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 1255) : roche orientée ; quartz en grains de 50 à 150 µ, amphibole faiblement pléocroïque, plagioclases à contours dentelés et en voie de formation, leucoxène.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 1256) : quartz, hornblende, ilménite et leucoxène, apatite, chlorite, plagioclase.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 1257) : quartz en grains de 20 à 200 µ, plagioclases de même taille (probablement d'origine détritique), hornblende, biotite, ilménite et leucoxène (en petites masses arrondies), feldspaths de néoformation de taille plus grande que les autres minéraux et poecilitiques (englobent des cristaux d'amphibole), malheureusement damouritisés.

Source : MNHN, Paris

Conclusion partielle

Les recherches effectuées dans Cbabat Timrine montrent que les parapyroxénites, les skarns vrais à pyroxène et grenat sont minéralisés en molybdénite au contact de pegmatites ou d'aplites. Ce sont ces dernières qui, dans le chantier n° 19, réalisent une concentration intéressante. Les petits lits riches en minerai sont disposés parallèlement aux épontes des filons aplitiques.

On remarquera que, dans ce groupe de chantiers, il existe une zone de broyage au contact d'un filon de quartz riche en pyrite.

Essai d'interprétation de l'ensemble Iskimoula

On retrouve pour les gîtes d'Iskimoula ce que nous avons pu observer pour ceux de Figri.

Remorques sur les roches

Les couches de roches d'origine sédimentaire sont subverticales et « flottent » sur un granite sous-jacent qui est souvent très proche puisque certains niveaux miniers le recoupent.

Ces couches, fortement métamorphisées, comprennent essentiellement des micaschistes, des amphibolites, quelques passées de quartzites, des skarnoïdes blancs ou clairs à zones verdâtres de diopside pas ou peu ferrifère, des skarns vrais roses et verts à pyroxène et grenat. On rencontre en certains endroits des grenatites et des wollastonitites (Taouoti) ; en d'autres, de la vésuvianite (= idocrase) : dans les chantiers n° 6, 10, 17, 18, 22 et 23, enfin rarement de la scapolite (dipyre) : chantier n° 5 et bande de grenatite au SE de la cote 2254.

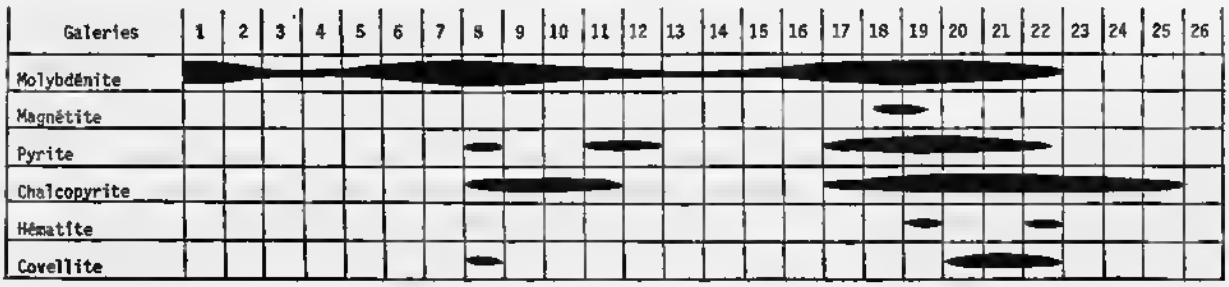
Cet ensemble nous paraît se situer à la limite de la mésozone (micaschistes, amphibolites) et de la catazone (skarns à pyroxène et grenat, wollastonitite, gneiss à biotite et sillimanite).

Les *grenatites* se présentent souvent en *corps ovoïdes* et parfois sphériques. Pourquoi ? On peut songer : 1) à une origine sédimentaire de ces formes, par exemple des nodules ; 2) à une origine tectonique comme le boudinage, car leur coefficient de résistance n'est pas le même que celui des roches qui les entourent ; 3) à une origine pétrogénétique : état pâteux. Nous n'osons pas choisir, dans l'ignorance où nous sommes des paramètres de viscosité des grenatites.

Remarques sur la minéralisation

La minéralisation est postérieure au métamorphisme qui a produit les amphibolites, les grenatites et les skarnoïdes. On le voit partout et par exemple dans l'échantillon Chka 305 bis (chantier n° 19 supérieur), mais il existe des aplites stériles postérieures à la minéralisation des skarns vrais, par exemple dans le chantier n° 22.

Tableau III. — Répartition des minéraux dans les skarns à pyroxène de la mine d'Iskimoula



Source : MNHN, Paris

Les venues quartzo-feldspathiques issues du granite ont pu d'autant mieux progresser dans la série métamorphique qu'elles ont suivi les joints des anciens lits sédimentaires. Ces venues sont responsables de la minéralisation, *essentiellement à molybdénite au contact des skarns vrais*.

Il semble exister un contrôle topochimique de la minéralisation, et les observations que nous avons recueillies pour les échantillons prélevés dans les différentes galeries montrent que la molybdénite est localisée au niveau des skarns à pyroxène seul plutôt qu'à pyroxène et grenat. Nous avions déjà fait cette remarque à propos de Figri-bas.

Ces venues quartzo-feldspathiques sont surtout *pegmatitiques*, ce qui explique que les concentrations en molybdénite peuvent être localement très abondantes mais que leur distribution dans les filons se fait de façon sporadique. Les aplites peuvent être localement riches en molybdénite (galerie n° 19 où le sulfure présente la particularité de constituer des lits alternés).

Les autres minéraux signalés, comme la pyrite, la pyrrhotite, la chalcopyrite, sont relativement rares et très finement dispersés dans les roches au contact. Dans les amphibolites, on trouve un peu de molybdénite, de magnétite, de pyrite, d'hématite, laquelle provient de la martitisation de la magnétite, et parfois dans celle-ci de la pyrrhotite et de la chalcopyrite, mais toujours en très faibles quantités. Dans les micaschistes, il n'y a pas de molybdénite : tout se passe comme s'il y avait incompatibilité entre la présence de ce sulfure et celle du mica noir. C'est une observation que nous avons faite en même temps que G. Rosier (son rapport p. 13).

En général, le quartz des roches qui ont reçu de la molybdénite offre de très nombreuses inclusions (par exemple Chka 305).

Beaucoup de roches d'Iskimoula renferment du *titane* (sous forme d'ilménite et de sphène). dont l'origine, directe ou indirecte, se situerait pour nous dans les roches *volcaniques* de la fin du Précambrien et du début du Cambrien.

Certaines roches contiennent de l'*allanite* (par exemple dans le chantier n° 20) : il y a donc eu apport de terres rares.

Au total, la paragenèse de l'ensemble Iskimoula est moins complexe que celle de Figri puisqu'ici, en fait, seule la molybdénite est bien représentée, en particulier dans la galerie n° 19. Au point de vue zonéographique, cet ensemble paraît plus profond que celui de Figri.

Remarque sur l'exploitation

La distinction des skarns et des skarnoïdes offre un grand intérêt pratique. Il est regrettable que la plupart des galeries creusées à Iskimoula (surtout postérieurement à 1945) l'aient été dans des skarnoïdes stériles. Au lieu de suivre les anciennes couches sédimentaires métamorphiques, il aurait fallu suivre les skarns vrais nés autour des filonnets d'aplite et de pegmatite. Mais pour cela il eût été nécessaire que les *études pétrographiques* eussent été plus avancées qu'elles ne le furent. Il n'y a pas eu de liaison entre la Compagnie Minière du Maroc et nous-mêmes.

Comparaison entre les mines de Tamguerd n'Isli Figri et Iskimoula

Il est intéressant de comparer les trois mines situées dans la portion SW du massif du Tichka car elles illustrent le schéma théorique de la zonalité des minéralisations autour d'un pluton granitique.

La mine d'Iskimoula comprend 26 galeries de recherche distribuées sur le versant Sud du J. Iskimoula. Elle offre un champ de pegmatites auxquelles s'associent des aplites, ces deux types de roches étant minéralisés en molybdénite au niveau des skarns à pyroxène avec ou sans grenat. Les autres roches, comme les micaschistes, les grès, les amphibolites, que l'on rencontre dans ce complexe sédimento-métamorphique sont pratiquement stériles. Répétons que, à notre avis, il existe un contrôle topochimique de la minéralisation des roches en molybdène, celui-ci se concentrant de préférence au niveau des anciennes couches carbonatées.

Source : MNHN, Paris

La prospection de la molybdénite, dans un contexte pegmatitique, reste difficile et décevante : lorsque ce sulfure est présent il se montre en beaux amas de cristaux bien développés mais ces concentrations ne suivent aucune loi de distribution et l'évaluation d'un tonnage est hypothétique. La recherche des aplites offre un plus grand intérêt et devrait être préférée à celle des pegmatites surtout quand elles recoupent d'anciens niveaux carbonatés ou s'insinuent entre eux. Cependant, comme ces couches sont fortement redressées et ont une extension verticale limitée (car elles rencontrent rapidement le substratum granito-dioritique) nous pouvons considérer la mine d'Iskimoula comme peu favorable à une concentration intéressante du molybdène.

La mine de Figri bas comprend 8 galeries de recherche sur les pentes inférieures du J. Azegza. Comme dans la mine d'Iskimoula nous y trouvons des couches sédimento-métamorphiques fortement redressées mais ici les *aplites* semblent plus abondantes et apportent une minéralisation en molybdénite intéressante au niveau des skarns. La pyrrhotite est également un minéral caractéristique de cette mine. Nous voyons donc que la succession minérale, au niveau de la mine de Figri, est plus complexe et qu'elle se situe dans une zone plus externe par rapport au pluton granito-dioritique. Celui-ci est encore proche sous les formations sédimento-métamorphiques de Figri et des récurrences de faciès pegmatitiques y ont été rencontrées. Nous avons quitté la zone de l'apex granitique et nous nous trouvons sur le flanc SW de ce dôme.

Au niveau de la mine de *Tamguert n'Isli*, les pegmatites sont encore moins abondantes et les filons de quartz et d'aplite ne sont pas rares ; d'autre part, la minéralisation est essentiellement à pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite et molybdénite. Il semble que nous puissions considérer cette mine comme étant encore plus externe par rapport au pluton granito-dioritique, le cuivre apparaissant en plus grande proportion. Cependant nous avons vu qu'il est difficile de dégager une zonalité propre à cette mine dans la mesure où une partie de ses minéralisations pourraient être d'origine authigène, auxquelles se surimposent des apports issus du granite.

En conclusion, nous proposons pour l'ensemble des mines d'Iskimoula, Figri et Tamguert n'Isli le schéma suivant :

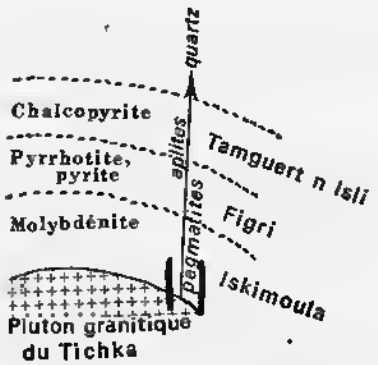


Fig. 23. — Schéma montrant l'échelonnement des roches métallogènes et leurs minéralisations à partir du pluton granitique.

Source : MNHN, Paris

LE PLATEAU DU TICHKA PROPREMENT DIT ET SES ABORDS

La série des cols accédant au plateau

Tizi n'Targa (1 882 m) — Touchka Imdlaoume

Cette région se trouve sur le bord nord-ouest du massif, en dehors du granite (carré dont l'angle SW est 187,5 — 435). C'est d'elle que part le grand cours d'eau qui s'appelle successivement Asif n'Tichka puis A. Ijanatène, puis A. Ourhbar et enfin Oued Nfis.

Dans cette région, en dehors du granite, les calcaires cambriens forment plusieurs bandes : Aourir n'Aït Menzanit — Touchka Imdlaoune — J. Akelmoune ; Tassiout (cote 3 348) — Tamguerd Lmadène qui ont été touchées par le métamorphisme, donnant ainsi de belles pierres ornementales (Touchka Imdlaoune).

On y trouve aussi, en plusieurs endroits, des veines de pyrite.

Imaradene et Azmou n'Tarhart

N. Alnikine (rapport 230 p. 3) et L. Clariond (rapport 1938, p. 6) imaginent que la chaux des grenatites associés aux micaschistes leur a été fournie par le diorite. Nous pensons qu'il n'en est rien : 1) il s'agit d'anciennes lentilles de calcaire intercalées dans les schistes ; 2) le diorite lui-même résulte souvent de l'endomorphisme du granite.

Au milieu des gneiss et micaschistes à biotite, en alternance avec des amphibolites et des cipolins, il existe des grenatites qui renferment quelques mouches de molybdénite.

Tizi n'Ouzdim — Tizi n'Irhes

Au NNW du premier de ces cols existent des lentilles minéralisées (grenat, calcite, épidote, pyrite et parfois mouches de molybdénite). A l'E du col, une lentille de grenatite, puissante de 3 à 6 m, est faiblement moucbetée en molybdénite sur une longueur de 30 m (Alnikine, rapport 96, p. 80).

Sur la crête N du Tichka, dans de grandes bandes enclavées de roches métamorphiques comprenant des amphibolites et des micascbistes, on rencontre des grenatites qui, comme dans l'exemple précédent, sont minéralisées en molybdénite. Elles se suivent sous forme d'un alignement discontinu : dans la partie NE de Tizi n'Ouzdim à Izrane Tatfelt, au SW et SE de Tizi Agourzi, au NW, N et NE de Tizi n'Tiskraft, à Azib Asfallo et Tizi n'Irhes. On les retrouve près de Tizi n'Tazoult et sur le flanc N de Tamendecbten ainsi qu'à Akoui n'Timengarine (cote 3 127 m).

Ces minéralisations à molybdénite se localisent dans les grenatites, dans des zones d'enclaves de roches sédimento-métamorphiques au sein du granite du Tichka où le molybdène a tendance, comme nous l'avions déjà constaté précédemment, à se concentrer de préférence dans des zones calciques. Nous ne savons pas, au niveau de ces affleurements, si les apports minéralisés ont été introduits par des venues quartzo-feldspathiques, comme c'était le cas dans le groupe des mines de Tamguerd n'Isli — Figri — Iskimoula.

Source : MNHN, Paris

Tizi n'Tazoult

Ce petit col se trouve au N de Louah n'Tazoult et au S d'Adrar n'Tazoult (voir notre carte au 1/50 000) : il marque le passage d'une faille qui, plus au SE, a donné l'écbancrure d'Amguerd Oumerdouilene (entre Araras Akdim au S et Abakchou n'Tinououl au N). Un peu au N du col, N. Alnikine (rapport 96, p. 80) a trouvé un affleurement de grenatite moucheté en molybdénite sur environ 10 m.

Tizi Agourzi (2 994 m)

Les pentes N de ce col sont occupées par le granite, les pentes S par le complexe à ampbibole (CA). Au SW du col affleurent une quinzaine de lentilles de grenatites qui atteignent une puissance de 6 m (direction N 42°E, pendage de 60° au NW) et une longueur de 150 m. Elles contiennent beaucoup de quartz mais les grenats s'y présentent en gros cristaux bien conservés (N. Alnikine, rapports 22 et 26).

A 300 m au NE du col, on retrouve des grenatites associées à des cornéennes et à des micascbistes reposant sur le granite. A quelques mètres des grenatites, il y a un filon quartzeux (direction NE, pendage de 70° vers le NW, puissance de 0,80 à 2 m) qui renferme, dans son chapeau de fer, des mouches de cbalcopyrite avec de la malachite et très peu d'azurite. Son origine est hydrothermale. L'accès de ce filon est très difficile.

MP 52 : un échantillon, provenant du chapeau de fer de ce gisement, montre de la magnétite en cristaux automorphes mais en voie de martitisation (transformation en hématite) et, dans les zones particulièrement altérées, de la goethite. Des plages de chalcopyrite se localisent dans les cristaux de magnétite.

Iggi Ouanjegjioune

Ici affleure une bande d'amphibolites englobant des cipolins minéralisés en galène. Cette minéralisation, qui se trouve à l'extérieur du massif du Tichka, doit être rapprochée des concentrations de départ acide que l'on rencontre dans la partie NE du massif, dont la mine de Tamayoust, que nous étudierons ensuite, peut servir de type.

Tizi n'Tissel

Sur la bordure Sud du plateau du Tichka, N. Alnikine (rapport 96, p. 78) signale plusieurs faisceaux de lentilles de grenatites dont quelques-unes sont minéralisées.

Le Tizi n'Tissel, situé au N du point 435-192,5, est la voie d'arrivée sur le plateau du Tichka des gens de la tribu des Tigouga. Il est en complexe à biotite et amphibole et, s'il y a là des grenatites, elles sont en affleurements très petits.

Tircht n'Tamteguest

Un peu au N de la limite S du plateau du Tichka, entre le J. Aoulim et Azrou n'Iguidene, au NW de Tizi n'Tifirhelt, on peut voir le contact entre, d'une part le granite, d'autre part des gneiss, micaschistes, leptynolites et calcaires métamorpbiques. Cette série, traversée par des filons de rocbes microgrenues, comprend, de part et d'autre de Talet n'Tamteguest, plusieurs lentilles d'une roche brécbiforme, ferrugineuse, mélangée au quartz et à la calcite (direction N 27°E, puissance de quelques décimètres à 2 m et même 4 m sur la rive gauche du ravin) et qui contient des mouches de pyrite et de galène.

Région du J. Amendech — Tizi n'Tirguint

Au NNW de ce col, c'est-à-dire sur le flanc Est d'Aourir n'Saïd, affleure une lentille de grenatite (Kμ) (N. Alnikine, rapport 96, p. 82) épaisse de 1 à 1,50 m et longue de 40 m, très bien minéralisée en molybdénite.

Source : MNHN, Paris

A l'W et au SW du même col ont été reconnus plusieurs affleurements intéressants : à Isma n'Aït Mansour, lentille de skarn à grenat et pyroxène (direction E-W) à moucbes de molybdénite ; à Tizi n'Aït Duntane, grenatite à mouches de molybdénite ; et un peu à l'W du J. Amendech (cote 3 369 m), il y a des mouches de molybdénite en plein granite.

On peut voir une belle grenatite à épidote associée à des cipolins (direction E-W, longueur 50 m, épaisseur 20 m, pendage de 45° au N), près d'Azib Asfalou (Asfallo) (N. Alnikine, rapport 230, p. 3 ; L. Clariond, rapport 1938, p. 22-23).

Talet Grisafène

D'après N. Alnikine (rapport 96, p. 83), dans ce ravin qui descend du Tizi Rghiss (pour nous Irbes) et va se jeter dans l'asif Arhbar (Ourbbar), à quelques centaines de mètres du granite, il existe deux petites lentilles de pyrrhotite (longueur 10 m, puissance 30 cm). A environ 200 m au SE de Tizi n'Tirguint, en baut de Tigbaline Rkhane (pour nous Tizi n'Draline n'Akhran), il y a quatre lentilles de grenatites offrant une belle minéralisation en molybdénite. Il y a aussi des skarns à l'W d'Azib Grisafène.

Nous-mêmes avons observé des grenatites sur le versant ouest de Ras Akoui n'Timengarine (I, p. 168).

Conclusion

Le plateau du Ticbka et ses abords offrent un peu partout des indices de minéralisation. Ils sont intéressants pour le minéralogiste et le métallogéniste mais ne nous semblent pas avoir d'importance industrielle.

Source : MNHN, Paris

LE BLED IDA OU MSATTOG

Région de Toug el Kheir

N. Alnikine (rapport 96, p. 60) a reconnu plusieurs « lentilles grenatifères » dans les petits ravins qui descendent sur les pentes NW de la crête Ifillilis-Jarelna. Elles sont interstratifiées dans la série métamorphique (direction moyenne N 39°E, pendage de 75° au SE, puissance de 35 cm à 1,80 m) à des altitudes variant de 2 675 à 2 800 m.

Un échantillon de grenatite (Ti 1389) provenant de cette région n'a montré aucune minéralisation sulfurée.

Tazlida et ses environs immédiats : Aouriren

Nous avons décrit cette région en détail (1971, 1, p. 125-130, fig. 33 et 34).

Dans la partie supérieure d'Asif Tazlida, à la bordure de la forêt de chênes verts, au lieu-dit Aïn Yat Tuïne, une lentille est constituée, sur 50 m de long, de grenats, de pyrite et de quartz avec de nombreuses mouches de molybdénite.

Près de la grotte de Tazlida (1, p. 130), sur la rive droite de Talet Igue-Droni, il y a plusieurs lentilles de grenatite.

Près du hameau d'Ouaousalakt, au lieu-dit Agadir n'Ouasalakt, existe une lentille de pyrite.

Plaques minces

Granite à amphibole (Ti 1490, ravin à l'E de Tazlida) : quartz en forte proportion et offrant souvent des files d'inclusions, hornblende, ilménite st leucoxène, sphène en coins, ortbose avec quelques facules d'albite, plagioclases fortement damouritisés, myrmékite.

Granite à amphibole, chloritisé (Ti 4061) : quartz, apatite fréquente, ilménite et leucoxène, bématite rouge, hornblende, plagioclases, chlorite (formée aux dépens de l'amphibole).

Gneiss granitique à amphibole (Ti 1490 bis) : roche faiblement orientée ; apatits, minerai opaque, plagioclase, quartz, hornblende, micropegmatite.

Microgranite à 2 micas (Ti 3128, à 200 m de Tazlida) ; roche à 2 temps : 1) plagioclase atteignant 7 mm ; 2) ilménits et leucoxène, biotite souvent localisée au contact des amas de minerai opaque, muscovite, épidote, plagioclase, quartz cantonné dans le deuxième temps en cristaux ds 5 à 100 μ suivant les régions. Cette rocbe montre au microscope, un peu partout, des aspects de fluidalité : elle est proche d'une rhyolite.

Microgranodiorite (Ti 1421) : roche à 2 temps : 1) feldspaths atteignant 6 mm, zonés ; hornblende (1 à 2 mm) ; biotite (1 mm) ; sphène (0,7 mm) ; 2) quartz xénomorphe abondant, (de 0,1 à 0,5 mm), apatite, minerai opaque, biotite, plagioclase, orthose, micropegmatite fréquente.

Diorite quartzique (Cbka 261, rive gauche d'Irhzer Imchika) : roche à gros grain ; apatite fréquente, ilménite et leucoxène, sphène en coins, hornblende ; le plagioclase est de l'andésine basique, quartz en assez forte proportion ; chlorite abondante associée à de l'épidots. Il est possibls qu'il y ait eu « un remplacement ds l'épidote par de la chlorite et du quartz », comme F. Permingeat l'a observé à Azegour (1958, p. 119).

Diorite quartzique (Chka 738) : plagioclase (12 à 13 mm), quartz (5 à 6 mm), hornblende (3 à 4 mm), sphène en coins.

Diorite à gros éléments atteignant 2 cm (faciès pegmatitique, Chka 47) : apatite, minerai opaque, hornblende, plagioclases damouritisés avec inclusions d'apatite dont l'une atteint 2 mm.

Source : MNHN, Paris

Diorite à grain fin (Ti 2585).

Diorite quartzique et micacé (Ti 4148, galet de l'Asif Tazlida) : bornblende (avec macle (100)), plagioclase, quartz, biotite, apatite, ilménite et leucoxène ; la roche est un peu gneissique.

En plus de ces types bien caractérisés, on trouve tout près de Tazlida du microdiorite, du complexe à biotite (roche intermédiaire entre micascbiste et cornéenne) et des amphibolites bien litées (lits d'amphibole d'un gris-vert-bleu et lits quartzofeldspathiques blancs).

Dans un voisinage moins immédiat de Tazlida, on peut voir aussi les roches suivantes : granite gris à biotite et amphibole, gneiss granitique porphyroïde, micaschiste, cornéenne à biotite, cipolin rose à grenat, amphibolite.

Aouriren, gîte à oligiste

A 150 m à l'Ouest de Tazlida existe un ensemble de couches métamorphiques : micaschistes, grès et micagrès, grenatites, pyroxénites, ensemble formant une terminaison périclinale, injecté par des veines granitiques (leucogranite, aplite). Voici la coupe de cet ensemble :

Les bancs ont une direction NW-SE et un pendage NE : 1) diorite affleurant sur le chemin Tazlida-Lkhoms ; 2) amphibolite (quelques mètres) ; 3) granite formant un col en miniature (15 m) ; 4) cornéenne à biotite (2 m) ; 5) granite orienté (10 m) ; 6) granite aplitique (1 à 2 m) ; 7) micaschiste passant au micagrès (10 m) ; 8) grès blanc, saccharoïde et pulvérulent (à grain beaucoup plus fin que le sucre), d'une blancheur éblouissante, difficile à distinguer de l'aplite ; 9) couche à patine noire dont l'affleurement pointe vers Tazlida. La roche est composée de chlorite, bématite, quartz, calcédoine blanche à reflets bleutés.

La minéralisation est très localisée, intéressant surtout une crête longue de 100 m et large de 30 m. Ce gisement est probablement d'origine hydrothermale : il ne semble pas avoir de valeur industrielle.

Études au microscope des échantillons d'Aouriren

Granite à biotite (Ti 4151) : quartz en individus de 100 à 250 μ, biotite abondante, le plus souvent transformée en chlorite, plagioclase, ilménite et leucoxène.

Aplite (Ti 4137, Ti 4142, Ti 4147, Ti 4157) : quartz en grains de 50 à 200 μ, de formes très irrégulières, souvent amiboïdes dans Ti 4147 (l'un d'eux, à contour dentelé, a 700 μ de long), plagioclases de mêmes dimensions que le quartz, chlorite, ilménite et leucoxène, minerai opaque passant à l'hématite rouge, apatite, petites aiguilles de rutile.

Grès à amphibole et chlorite (Ti 4139, Ti 4146) : quartz, amphibole incolore (extinctions de 17 à 36°) chlorite nettement pléochroïque, polarisant en bleu du 1er ordre et en teintes cuivrées (cf. prochlorite), ilménite et leucoxène.

Amphibolite à hématite (Ti 4154, Ti 4156) : quartz, amphibole fibreuse tantôt incolore, tantôt pléochroïque avec un allongement ±, oligiste de formes très irrégulières (avec des vides, des golfes et des caps), apatite, calcite (peu).

Amphibolite à hématite (Ti 4143) : quartz, ampbibole pléochroïque à allongement ±, cblorite à allongement positif, minerai opaque formant un réseau très irrégulier comportant beaucoup de vides (mailles) remplis par de la silice, et des excroissances en hématite rouge.

Roche quartzitochloritique (Ti 4159). Quartz, apatite, ilménite et leucoxène, chlorite en sphérolites incomplets, en bouppes, en faisceaux, en éventail (donnant en lumière polarisée les tons rouge cuivre du 1er ordre de la prochlorite), petites aiguilles de rutile.

Roche quartzo-feldspathique à chlorite (Cbka 707) : quartz tantôt en petits cristaux de 30 à 50 μ, tantôt en individus beaucoup plus grands (de 500 à 1 300 μ), plagioclases, spbènes en coins, chlorite à inclusions de minerai opaque, amphibole, épidote (nombreuses sections ajourées) née aux dépens de l'ampbibole.

Roche chloriteuse (Ti 4141 bis) : quartz (peu), plagioclases en notable proportion, biotite, cblorite dominante (de deux sortes : 1) paillettes rectangulaires, épigénies de biotite ; 2) touffes en éventail (probablement dues à une recristallisation) ; minerai opaque noir (probablement ilménite), leucoxène.

Source : MNHN, Paris

Roche chloriteuse (Chka 316) : quartz et plagioclases en grains se détachent sur un fond homogène de chlorite verte (fibreuse, en rosettes jointives, pléochroïque mais ne polarisant presque pas).

Roche chloriteuse (Chka 317) : quartz en individus fendillés (de 100 à 200 μ), plagioclase, sphène, apatite, chlorite souvent en grains hexagonaux à l'intérieur desquels la structure est fibreuse.

Roche chloriteuse (Chka 328) : quartz, plagioclase, chlorite dominante (fortement pléochroïque, fibreuse, à allongement positif), ilménite offrant de nombreuses digitations, souvent transformées en leucoxène.

Skarns gréseux à pyroxène et grenat (Ti 4141) : quartz, pyroxène, grenat, chlorite.

Pélite à pyroxène, amphibole et mica (Ti 4149, Asif Tazlida) : roche stratifiée offrant des lits à grain fin et des lits à grain moins fin : pyroxène incolore (100 à 350 μ), amphibole en prismes (0,3 à 0,4 mm) et en aiguilles, mica brun très réfringent mais biréfringence très faible (peut-être sections de phlogopite parallèles à 001 ?).

Parapyroxénite (Ti 4149 bis) : roche caractérisée par des bandes dont le grain est très divers : les unes de 2 à 25 μ, d'autres de 5 à 50 μ, d'autres enfin de 35 à 350 μ ; pyroxène, quartz, amphibole incolore, biotite (très peu), muscovite (très peu).

Sections polies

MP 115 : dans une roche verdâtre non déterminée, d'aspect carié et présentant une patine rouille, on observe microscopiquement l'hématite en fines touffes.

Ti 4159 : dans un filon de sidérose au sein d'une roche quartzito-chloritique, minéralisation non négligeable en chalcopyrite. Microscopiquement on observe de larges plages de ce constituant incluant une multitude de cristaux de pyrite automorphe ou de petites plages de pyrrhotite. La succession minérale serait la suivante :

pyrite
pyrrhotite
chalcopyrite
sidérite.

Nous pourrions peut-être envisager qu'il s'agit ici de la fin d'un filon de départ acide, à gangue carbonatée, mais cette minéralisation est trop isolée pour que nous puissions l'inclure dans un ensemble comme nous pouvons le faire au NE du massif du Tichka.

Signalons qu'au NE de Kma et à l'Est de Tazlida, de la molybdénite dans des grenatites a été observée, mais nous ne possédons aucun échantillon de ces affleurements.

Tazlida : à environ 175 m à l'W du village de Tazlida, un peu à l'W du point où le chemin qui vient de Lkhoms fait une épingle à cheveux, rive droite d'un petit ravin, il y a un *filon* dirigé N 20°W, à pendage N 80°E presque vertical. C'est une roche à grain fin, d'un vert foncé, presque uniquement composée de *chlorite* et d'*hématite spéculaire*.

J. Tafoudert : à l'E de la côte 1750 de Tazlida. — Cette colline (I, p. 131) offre en plusieurs points des indices de minéralisation. A 400 m à l'E du col en diorite (où passe le chemin qui mène de Lkhoms à Tazlida), il y a un petit sommet (altitude 1 600 m) où le granite est traversé par des veines de baryte ayant entraîné un peu d'hématite avec d'infimes traces de malachite. Ces veines paraissent se prolonger à l'W jusqu'à Irhzer Tisguine, bien en aval de Lkhoms.

MP 106 : filonnet d'hématite dans un granite rose à biotite.

Ti 3139 : baryte dans une roche carbonatée avec traces de malachite. L'observation microscopique permet de constater la présence d'un peu de chalcopyrite qui, par altération et grâce à la présence de carbonate, donne un peu de malachite. Il existe également des lamelles d'hématite.

Asrir et Afa Naaraf

Au NE de Timzalene, le J. Asrir (I, p. 142) présente sur son flanc Nord une bande de complexe à biotite qui comprend des gneiss riches en sphène.

Chka 312 : au microscope, quartz, biotite en partie chloritisée, minerai opaque, sphène (en coins) fréquent, apatite, plagioclases. Ces roches sont traversées par des filonnets d'hématite. La même bande se poursuit à l'W sur le flanc Sud d'Afe Naaraf et on y trouve les mêmes indices de minerai de fer.

Source : MNHN, Paris

Section polie

Chka 312 : dans un gneiss à biotite, un beau placage d'hématite en surface. Microscopiquement on constate que ce minéral se présente en faisceaux de cristaux groupés principalement dans les joints. Dans la roche elle-même on observe de nombreux cristaux de magnétite martitisée et on note la présence de goethite accessoire.

Au sud du sommet d'Asrir, on trouve une roche gneissique à amphibole, parfois bréchiforme, possédant une abondante minéralisation en hématite.

Ti 3063 — MP 116 — MP 54 : microscopiquement la minéralisation se réduit en effet à de l'hématite seule.

Cirque d'Amguernis : Nous avons décrit ce cirque presque complet qui se présente comme un « bout du monde » (I, p. 116-118, fig. 28). Au-dessus de Talmoudat, sur le chemin :

MT 52 : minéralisation en hématite dans un gneiss. Microscopiquement nous n'avons observé que ce minéral finement cristallisé en baguettes.

Ti 2663 : dans un granodiorite, on observe au microscope de nombreuses baguettes d'hématite disséminées ou groupées en faisceaux.

Source : MNHN, Paris

LA PARTIE NE DU MASSIF DU TICHKA

Le point de vue géologique

Une coupe effectuée de l'Ouest vers l'Est comprend systématiquement :

1) le granite,
2) la zone des injections granitiques dans un complexe métamorphique de gneiss, micaschistes et cornéennes,
3) la zone des calcaires métamorphiques et du complexe amphibolique jusqu'au ravin de Tamayoust,
4) la zone de schistes non métamorphiques à nombreux filons de microgranite.

Dans la zone 3 on observe trois bandes de calcaire réparties de la façon suivante d'Ouest en Est :

a) Afadad (au S),
— Bousna (au N), entre Tiouialine et Agadir n'Maine,
b) entre Amsioui et Taourirt,
c) entre Irberm et Imlil,

séparées par des amphibolites, des conglomérats à ciment amphibolique ainsi que par des schistes tachetés et des micaschistes à biotite.

La bande d'Agadir n'Maïne est la plus transformée. Près du granite on y trouve des skarnoïdes, des skarns vrais et des grenatites formant plusieurs bandes sur les deux rives de l'Asif Oughbar (= Aghbar = n'Fis).

Dans la zone 2, les apophyses péribatholithiques sont au nombre de quatre (Bizard et Ziegler 1955). En allant de la plus profonde à la plus superficielle (en considérant son niveau de départ dans le pluton granitique) nous avons :

1) l'apophyse d'Agadir n'Maïne constituée d'un granite à deux micas,
2) l'apophyse située en amont d'Oufifen, entre l'oued Zaïkor et le Talet n Tissert,
3) l'apophyse d'Irhzer Niciguem, qui est double :
— la partie sud d'Irhzer Niciguem au SE d'Azib n'Tizergui ; elle entre en contact par faille avec le calcaire du flanc ouest de Timezguida n'Ourhgouelt (2 900 m) ;
— la partie nord à l'E d'Irhzer Niciguem ressort à Igui n' Talaat n'Ingounaren (2 555 m) et porte la mine d'Ikissane (2 513 m).
4) *l'apophyse supérieure des Maouas* : partant du Tatbouch n'Takoucbt (3 093 m) elle s'épaissit à Azib Aguinane, forme un chevron marqué dans l'oued Zaïkor, où elle se présente sous la forme d'un granite à biotite qui exerce un fort métamorphisme sur les séries encaissantes. L'affleurement de cette apophyse revient ensuite vers le NE et constitue la barre supérieure du J. Anamrou (2 838 m).

On peut soupçonner l'existence d'une cinquième apophyse, au-dessus de celle des Maouas (voir Adrar n'Takoucht p. 94).

Les levés de carte géologique ou la prospection métallifère pour uranium, plomb, zinc, cuivre, molybdène, wolfram, ont donné lieu à des interprétations divergentes en ce qui concerne la filiation de certaines roches et l'âge des minéralisations. Après la mise en place des roches basiques précédant la granitisation complexe de ce massif, les différents auteurs s'accordent à reconnaître qu'il existe

Source : MNHN, Paris

des filons de porpbyres microdioritiques subhorizontaux (porphyres intermédiaires de E. Fauvelet), différenciation des feuillets péribatholitiques pour les uns (H. et G. Termier, V. Ziegler) ou postérieurs à ces derniers pour les autres (E. Fauvelet, J. Agard et Allon), ainsi que celle de filons lamprophyriques ultérieurs (H. et G. Termier, J. Agard) et d'une tectonique cassante récente. Mais si, pour E. Fauvelet, certaines minéralisations sont liées sans ambiguïté au premier complexe basique, pour d'autres, ces mêmes mines dépendent de la mise en place de feuillets péribatholitiques dont les paragenèses dépendent du niveau de départ de l'apopbyse granitique par rapport au dome granitique (Bizard et Ziegler).

En considérant ces diverses interprétations, il est difficile, à la seule observation des sections polies réalisées dans les échantillons minéralisés recueillis par l'un de nous (H. Termier), d'en déduire l'histoire de leur mise en place. En l'absence d'un schéma génétique qui nous permette de classer ces différents gîtes en fonction des types représentés, nous avons adopté pour leur présentation un ordre géographique (qui ne préjuge en rien de l'exploitation des résultats acquis par l'étude des sections polies pour formuler certaines hypothèses génétiques).

Région comprise entre Irhzer Tiskraft et Irhzer Tiouialine

Mine d'Ikissane

Ce gîte se trouve sur la rive gauche de l'oued Aghbar (= Nfis) et sur la rive droite de son affluent Asif n Tiouialine, au Nord du bameau d'Ikissane, dans le Talet Ouassen-Anroult, à une altitude comprise entre 2 380 et 2 600 m. Il se rattache à l'apophyse granitique d'Irhzer Niciguem (I, p. 14-15 et 174,) qui traverse une grande épaisseur de terrains métamorphiques, les principaux appartenant au complexe à biotite (micaschistes, leptynolites, gneiss et cornéennes). Le minerai se trouve dans deux catégories de roches : les filons et veines de quartz, les roches métamorphiques (grenatites et skarnoïdes) ; l'une et l'autre ayant fait l'objet des recherches de N. Alnikine (rapports 96, 263 et 337, ce dernier très détaillé) que nous résumons brièvement ; l'un de nous (H.T.) est allé à Ikissane avec N. Alnikine. Nous avons utilisé aussi le rapport de L. Clariond (1938, p. 26 à 37).

Le feuillet péribatholitique qui part d'Irhzer Niciguem se divise sur le flanc SE de Timezguida n'Tsenelft (cote 2 962 m) et englobe plusieurs noyaux schisteux : nous en avons compté quatre. Celui qui est le plus près de la mine et qui porte un azib (parc à moutons) a 500 m de long sur 250 m de large (Clariond, rapport 1938, p. 27).

Filons et veines de quartz : il y a une quinzaine de filons et un réseau de veines (A à N) qui ont des directions très variables, la plus fréquente étant NNW-SSE. Cet ensemble est en liaison directe avec l'apophyse granitique. Les veines ont une puissance de 2 à 30 cm et une longueur de 20 à 250 m. Le quartz est généralement blanc mais contient parfois des oxydes de fer qui le colorent en rouge. De plus, ce quartz est parfois accompagné de lentilles d'ortbose (veines C, G, d'Alnikine). La minéralisation consiste en mouches et veinules de molybdénite avec pyrite et pyrrhotite, plus rarement arsénopyrite et galène (veine H). Les veinules de molybdénite, de 0,25 à 10 mm, sont fréquemment localisées aux épontes. En surface ce minerai se transforme en molybdénocre $(Mo\ O_4)_3\ Fe_2.7{,}5\ H_2O$.

Voici quelques particularités :

Veine A : longueur 120 m, direction N 20°W, puissance 12 à 25 cm, pendage 65° à l'W ; molybdénite et chalcopyrite.

Veine B : direction N 17°W, puissance moyenne 25 cm, pendage 70°W.

Veine C : direction N 18 à 63°W, puissance 10 à 50 cm, pendage 50 à 75° à l'W ; molybdénite et gros cristaux d'orthose localisés le long des épontes.

Veine D : direction N 30 à 55°W, puissance 15 à 50 cm ; elle a été le point de départ d'une vingtaine de veinules de quartz.

Source : MNHN, Paris

Fig. 25. — Mine d'Ikissane (d'après N. Alnikine).

Source : MNHN, Paris

Veine E : direction N 14°E, puis S 45 à 60°W, puissance 8 à 35 cm.

Veine F : filon de quartz très régulier ; direction N 36 à 60°W, puissance 20 à 30 cm.

Veine G : filon dans les micaschistes ; direction N 30°W ; veines de quartz avec orthose, teneurs en minerai voisines de l'exploitabilité ; elle donne une branche G1 et une branche G2 ; minéralisation de pyrite et pyrrhotite avec de l'orthose, plus rarement de chalcopyrite et aussi molybdénite et molybdénocre. Il y a des zones de broyage.

Veine H : direction N 30°W, puissance 20 à 35 cm ; elle traverse deux veinules d'arsénopyrite et une veinule de quartz à mouches de galène.

Veine I : puissance 14 à 40 cm.

Veine J : puissance 10 à 20 cm.

Veines K et L : (au pied de la falaise formée par l'apophyse granitique, à l'altitude 2 505 m) : l'attaque 14 a mis à jour de gros nids de molybdénite noyés dans du quartz associé à de l'orthose, de la pyrite et de la pyrrhotite. Le grattage 19 a découvert des nids de pyrrhotite, pyrite, molybdénite et molybdénocre.

Filon L : filon de quartz épais de 30 à 45 cm avec une riche minéralisation en molybdénite, pyrite et pyrrhotite.

Veine M : pas de minéralisation.

Veine N : quartz stérile.

En outre, de l'ensemble A à N, il existe, plus en aval, un autre réseau de filons moins important : filon de quartz W (direction N 48°E, puissance 1 à 1,80 m, molybdénite et pyrite).

En 1941, le tonnage probable était estimé à 700 tonnes de MoS_2 (rapport 337 d'Alnikine, p. 15)

La partie axiale des filons est constituée par du quartz compact, les parties latérales par du quartz enrobant de grands cristaux de feldspath. Les sulfures (molybdénite, pyrite, chalcopyrite) sont le plus souvent localisés sur les épontes ou très près d'elles, tantôt dans le quartz, tantôt dans l'encaissant. Il faut bien noter la très grande *irrégularité* de la minéralisation, ce qui rend difficile l'évaluation du tonnage possible : pour L. Clariond (1938, p. 37), celui de la molybdénite « ne dépasse pas 600 à 800 tonnes dans l'hypothèse la plus optimiste ».

Roches grenatifères : en amont du réseau filonien quartzeux, N. Alnikine a reconnu cinq lentilles de grenatites dont la puissance varie de 0,60 à 2,30 m, et la longueur de 15 à 45 m. Elles contiennent des mouches de molybdénite irrégulièrement disséminées dans la masse et associées à de la pyrite.

Il y a d'autres affleurements de roches grenatifères près du hameau d'Ikissane, près du hameau de Tiouialine, entre Irhzer Tiouialine et Talet Temlilt. Ils sont dans le prolongement des lentilles d'Agadir Nomarsene (n'Amarouhssene) et de Talet Tissert (voir vallée de l'Aghbar).

Au hameau d'Ikissane, il y a aussi des skarnoïdes à amphibole, grenat, épidote, concordant avec les autres terrains métamorphiques.

Les roches

Plaques minces

Granite à biotite : Ti 1241, Ti 1379, Ti 2690, Chka 95, Chka 238, Chka 434, MGT 15. Roche à grain généralement moyen : quartz à faciès nettement granitique souvent bourré d'inclusions roses de forme irrégulière, apatite, ilménite et leucoxène, biotite avec inclusions de minerai opaque et auréoles pléochroïques autour de zircons, chlorite provenant de la biotite (et conservant des zircons : Chka 238), plagioclase pouvant atteindre l'andésine à 44 % An (Ti 1241 : galerie 14, et Chka 434) [il arrive que le plagioclase renferme de la biotite en enclaves (MGT 15 : entre les chantiers 2 et 4) ; il arrive aussi qu'il soit zoné (Chka 434, Ti 1379)], orthose-perthite, microcline avec quelques facules d'albite, muscovite (rare), sphène (rare), micropegmatite pouvant être fréquente, par exemple dans Talet Ikissane (Chka 434), parfois sphérolites de quartz (Ti 1379).

Source : MNHN, Paris

Granite gneissique : Ti 1242, formant le filon Nord : quartz, biotite, chlorite en forte proportion, leucoxène, plagioclases à macles floues et extinction roulante.

Granite à muscovite : Talet Ikissane (Ti 2679) : quartz, apatite, minerai opaque, muscovite, chlorite (peu, provenant probablement de biotite), plagioclase à macles très fines, orthose, micropegmatite abondante. C'est une roche claire, presque blanche, voisine des granites aplitiques et des alaskites (Spurr 1900).

Granite à 2 micas : Talet Ikissane (Ti 2685) : quartz, biotite, muscovite, plagioclase, ortbose, micropegmatite.

Microgranite à biotite : (Talet Ikissane, Chka 662, Ti 1206, Ti 1537 ; entre les cbantiers 2 et 4 : MGT 15). Roche à 2 temps : 1) Plagioclases atteignant 2 mm à côtés rectilignes, biotite ; 2) quartz en individus de 10 à 50 μ, minerai opaque, biotite en paillettes de 10 à 100 μ, formant des amas autour du minerai opaque.

A noter qu'il n'y a pas de quartz dans le premier temps, sauf dans Chka 662 (Talet Ikissane) qui représente une variété granophyrique (micropegmatite fréquente) assez riche en titane (ilménite et leucoxène, sphène).

Les microgranites font partie d'un ensemble de filons qui lardent le complexe à biotite et le complexe à amphibole (Irhzer n Tisserfi, Imerdel, J. Timichi, Amguerd Zigzaoun, voir Tichka 1, p. 175-76).

Granodiorite (Ti 1242) : quartz abondant, apatite fréquente, ilménite et leucoxène, sphène en coins, biotite, chlorite, cf. amphibole, plagioclase renfermant des inclusions de chlorite. Cette roche paraît assez riche en titane.

Microgranodiorite à amphibole (Ti 1243) : roche à 2 temps.

1) Plagioclase, grandes baguettes formant des gerbes d'amphibole épigénisée en chlorite ; 2) Quartz, chlorite, calcite assez abondante.

Diorite micacé à tendance doléritique (Ti 5814) : minerai opaque passant à de l'bématite translucide rouge, bornblende dominante (souvent chargée d'inclusions de minerai opaque), cf. pyroxène, biotite, andésine basique (48 % An).

Microdiorite micacé (Ti 1329) : roche à 2 temps ; 1) plagioclases ; amphibole verte (hornblende) atteignant 5 mm (andésine) ; 2) andésine, hornblende, biotite, minerai opaque, bématite rouge par transparence ; par endroits, on observe une texture fluidale.

Microdiorite micacé (Ti 5945, au-dessus de la mine) : roche à 2 temps ; 1) hornblende, plagioclase ; 2) ilménite et leucoxène, hornblende, biotite et plagioclase.

Roches éruptives à 2 temps, très altérées ; nous avons recueilli plusieurs échantillons de roches filonniennes à plagioclases damouritisés et chlorite abondante (ayant épigénisé un minéral ferro-magnésien), par exemple dans la galerie 14 et à l'entrée de la galerie 8 : il s'agit peut-être de microdiorite.

Micagrès (Ti 1309) : quartz d'origine détritique en grains de 20 à 350 μ, minerai opaque, biotite, feldspaths de 0,5 à 1 mm.

Micagrès (Ti 1309 x) : quartz, ilménite et leucoxène, séricite, chlorite abondante (fibres en éventail), feldspaths nombreux qui ne sont pas de néoformation : la roche paraît donc avoir été arkosique.

Micagrès à grain fin feldspathisé (Ti 1537) : roche nettement stratifiée montrant des lits clairs (quartz en grains de 20 à 200 μ, plagioclases plus gros), des lits bruns (minerai opaque, sphène, biotite en paillettes de 80 à 400 μ) et des lits verts (biotite verte, chlorite). Dans l'écbantillon MGT 16, la biotite forme des amas localement chloritisés. Quand la proportion des feldspaths augmente, la rocbe passe à une leptynolite (Ti 2755).

Micagrès feldspathisé (leptynolite) (Ti 1307) : roche stratifiée ; quartz en grains de 10 à 80 μ, formant le fond de la roche, poussière noire, minerai opaque, biotite, orthose postérieur à la biotite (dont il contient de nombreuses inclusions).

Micagrès à biotite (Ti 1350) : quartz en grains de 50 à 250 μ avec un ciment micacé autour de chaque grain, biotite le plus souvent de 50 à 300 μ (localement 500 μ), ilménite et leucoxène, feldspatb de néoformation atteignant 2 mm.

Micagrès à muscovite (Ti 1240) : roche nettement litée, quartz en grains d'origine détritique (de 30 à 100 μ), minerai opaque formant des files et associé à des quartz plus gros (150 à 400 μ), lits de muscovite.

Micagrès à muscovite et amphibole (Ti 1239, galerie 13) : rocbe litée : A) zone à grain fin, quartz en grains de 15 à 150 μ, minerai opaque (20 à 150 μ), muscovite, chlorite, amphibole faiblement pléochroïque, B) zone à gros grains : quartz peut-être granitique, minerai opaque.

Micagrès à 2 micas feldspathisé (Ti 2680) : quartz en grains de 50 à 600 μ, biotite de 50 à 500 μ avec auréoles pléochroïques, muscovite, minerai opaque, plagioclases.

Source : MNHN, Paris

Micagrès devenu chloritegrès (Ti 4013) : quartz en grains de 30 à 150 μ formant mosaïque, chlorite dominante encadrant de la muscovite, très rares restes de biotite, plagioclases à macles floues, orthose, hématite et limonite. La roche étsit un micsgrès à biotite où ce minéral a été décomposé (peut-être sous l'influenes des fluides minéralisants ?).

Micagrès à biotite et andalousite (Ti 1348) : quartz dominant en grains de 20 à 100 μ, minersi opaqus, biotite abondante en paillettes de 30 à 300 μ, amphibole (peu), leucoxène, plagioclase, sndalousite offrant une zone périphérique riche en poussière noire.

Roche charbonneuse à biotite et amphibole (Ti 1331) : roche d'un type très particulier : minerai opaque, poussière noire, amphibole incolore en gerbes, biotits abondante, plagioclase en fragmsnts (de 4 à 5 mm).

Micagrès amphibolique (Ti 1317, Ti 4001) : quartz sn grains de 15 à 150 μ souvent allongés, minerai opaque de 10 à 50 μ, s'alignsnt en files, biotite en paillettes de 15 à 200 μ, apatite, hornblende atteignant 5 mm, feldspaths en voie de formation poecilitiques (renfermant des inclusions de biotite) et offrant des contours dentelés.

Grès amphibolique feldspathisé (MGT 17) : quartz en grains de 10 à 100 μ, apatite, ilménite et leucoxène, amphibole en touffes, épidote, feldspaths poecilitiques.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 1331) : quartz en grains de 20 à 100 μ, minerai opaque avec toutes les transitions à une poussière noire abondante, amphibols orthorhombique en touffes (gédrite, d'incolore à jaune frsnc), biotite (peu), plagioclsses (de 100 à 500 μ) avec parfois beaucoup de poussière noire en inclusions.

Skarn à grenat, amphibole et épidote (Ti 1313) prélevé en face de la galerie 5 : quartz, grenat (couleur 149 du code Pantone), ampbibole en faisceaux de prismes et en enclaves dans les grenats, épidote. Ce typs de roche est très rare à la mine d'Ikissane.

Hornblendite (Ti 1287) : hornblende à macles répétées, petits amas localisés de quartz avec un psu de feldspath, filonnets bruns et noirs de limonite.

Sections polies

Galerie nº 5 Stock.

Ti 1206 : belles minéralisations en molybdénite aux épontes d'un filon de quartz parallèle à ls schistosité de la roche encaissante. En section polie, on observe une dissémination dsns celle-ci de quelques rares lamelles ds molybdénite et ds quelques plages de pyrrhotite.

Ti 1273 : filon de quartz minéralisé en molybdénite et pyrite au contact d'un gneiss à biotite présntant lui-mêms quelques mouches de molybdénite.

Ti 1274 : filon de quartz comprenant quelques concentrations de feldspath et bien minéralisé surtout en pyrite avec un peu de chalcopyrite et présentant au niveau d'une des épontes, dans une zone plus feldspathique, une belle minéralisation en molybdénite.

La section polie étudiée montre en outre de la pyrite et de la chalcopyrite.

Galerie nº 8 Stock.

Ti 1201 (= MP 39-40-41) : cs filon ds quartz est bien minéralisé en pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite et molybdénits. On remarque que celle-ci se déposs la première, en sffet elle est localisée aux épontes des filonnets de quartz, ls remplissage étant ensuite assuré par la pyrrhotits.

MP 39 : la section polie montre que la pyrrhotite est abondante ; elle se trouve souvent en association avec la chalcopyrite ; la pyrrhotite est en voie ds transformation et elle donne des produits comms la marcasite, la pyrite rscristallisée à partir de la melnicovite (pyrite colloïdals). On trouve de la molybdénite en petites touffes ainsi que de la pyrite automorphs à faciès csllulairs.

MP 40 : la pyrite cellulairs dans eetts section sst le minéral essentiel. On y trouvs égalsment de petits amas de molybdénite (fig. 20, pl. 4), de pyrrhotits en voie d'altération (fig. 21, pl. 4) et un peu de cbalcopyrite.

MP 41 : dans cette section, la proportion de pyrite et de pyrrhotite est équivalente. Ces deux plages sont séparées par un filonnet de quartz qui contient quelques lamelles ds molybdénite.

La pyrrbotite est souvent associée à la chalcopyrite ; elle contient des îlots ds pyrite secondairs concrétionnée dans la structure « bird's sye » qui résults de son altération. Sur les bords ds la pyrrhotite on remarqua des cristaux de pyrits primaire en cours de remplacement, ainsi sur la fig. 22, pl. 4, peut-on observer une plage de pyrite piquetée se prolongeant par des lancettes de marcasite dont le polissags est de msilleure qualité.

Source : MNHN, Paris

La pyrite se transforme donc localement en marcasite. On trouve également dans cette section des lamelles de molybdénite dans des cristaux de pyrrhotite ou de pyrite, ce qui prouve son antériorité.

Galerie 13.

Ti 1240 : dans ce micagrès, on rencontre de la pyrite fortement fracturés associée à la chalcopyrite. Il existe de la pyrrbotite et de la sphalérite présentant de nombreuses exsolutions de chalcopyrite.

Galerie n° 18.

MT 23 = Ti 1329 : dans un gneiss, la minéralisation est complexe, avec sphalérite, pyrrhotits et un peu ds chalcopyrite imprégnsnt la roche lit par lit. La galène se rencontre au niveau d'une passée de microdiorite. Au point de vue microscopique, on retrouve cette disposition lit par lit avec de la cbalcopyrite en exsolutions dsns la sphalérits ou à son contact en larges plages. La pyrrbotite est généralement associée aux deux minéraux précédents ainsi qu'à ls pyrite et à la galène. La molybdénite, psu sbondante, est très dispersée.

Ls succession des minéralisstions dans cet échantillon de gneiss peut être reconstituée de la façon suivante :

molybdénite
pyrrhotite
pyrite
sphalérite
galène
chalcopyrite

Ti 1299 : c'est une amphibolite qui ne montre microscopiquement sucune minéralisation intéressante.

Galerie n° 14 Stock.

Ti 1302 : ce filon riche en quartz comporte des zones plus fsldspathiques, bien minéralisées en pyrrhotite. Microscopiquement ce sulfure se présente en beaux amas incluant des plages de cbalcopyrite ou de molybdénite. Il a tendance à se transformer dans les structures en « œil de perdrix (« bird's eye structure ») » en pyrite II formée à partir de la melnicovite et en marcasite associée à des reliquats de pyrite. On nots la présence de molybdénite en beaux amas, ainsi que celle d'un peu de sphalérite et de galène. La succession proposée pour cet échantillon serait :

molybdénite
pyrite I
pyrrhotite
galène
sphalérite
chalcopyrite.

Remarque : la chalcopyrite se localise préférentiellement dsns les zones les plus feldspathiques du filon de quartz et souligne, par sa présence, les microcassures.

Ti 1304 : filon de quartz minéralisé en pyrrbotite et pyrite ; on retrouve microscopiquemsnt les mêmes minéralisations que précédemment, c'est-à-dire la pyrrhotite qui s'altère en marcasite, la galène, la sphalérite, ainsi que de ls molybdénite et de la chalcopyrite.

Filon nord (Stock).

— *dans des filons de quartz* :

Ti 1306 : filonnet de quartz aux épontes duquel on trouvs quelques placages de molybdénite dans une gangue constituée par un gneiss à amphibole. Microscopiquement, dans le quartz on rencontre de fines lamelles de molybdénite. Il existe quelques amas dispersés de chalcopyrite et en outre un peu de goethite. On observe dans le gneiss quelques grains de pyrrhotite ainsi que quelques plages d'hématite.

Ti 1310 : filon de quartz dans une rocbs broyée ; microscopiquement, c'est une association assez intime de chalcopyrite et de pyrite qui peut éventuellement contenir de petites inclusions de pyrrbotite.

— *dans des filons quartzo-feldspathiques* :

Ti 1297 : filon aplitique su contact d'un chloritoschiste et d'un granite à biotite. La section polie, effectuée dans ls zone splitiqus imprégnant le scbiste, se montre absolument stérile. Le granite l'est également.

Source : MNHN, Paris

Ti 1311 : un filon de pegmatite apporte la molybdénite au sein d'une roche verte, non déterminée, présentant des enduits de malachite. Une section polie effectuée dans la roche montre que cette dernière est surtout riche en hématite.

Conclusions

La minéralisation est en relation surtout avec des filons de quartz ou quartzo-feldspathiques qui, comme le souligne J. Agard 1973, seraient « des produits de cristallisation provenant du refroidissement des apophyses ». Si la pyrrhotite et la pyrite sont bien représentées dans cette mine, par contre la molybdénite est relativement peu abondante, ainsi que la sphalérite, la galène et la chalcopyrite. Mais aucun des échantillons présentés n'a fourni l'arsénopyrite qui avait pourtant été signalée à Ikissane par différents prospecteurs.

La paragenèse telle que nous pouvons la déduire de cette étude serait la suivante :

molybdénite
pyrite I
pyrrhotite
sphalérite
galène
chalcopyrite
pyrite II
marcasite.

Près d'Azib Ikissane, aux abords de l'oued Aghbar :

MG 17 : dans un grès amphiholique feldspathisé, on trouve microscopiquement une dispersion très fine de cristaux d'hématite.

C'est près de ce hameau que Bizard et Ziegler (1952-55) ont mis en évidence une *paragenèse remarquable* dans une bande de tactite comprenant deux venues de quartz, avec :

1) pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, scheelite ;

2) arsénopyrite, titanates d'uranium, or natif et un peu de corindon.

L'échantillon proposé ne donne donc qu'une idée incomplète de cette paragenèse complexe.

Adrar n'Takoucht

Les prospecteurs de la mine de Gunfada nous ont remis un échantillon massif provenant de cette belle montagne, prélevé au SE du sommet (cote 3 093 m).

Les sections polies effectuées dans l'échantillon montrent des cristaux de *magnétite* en voie de martitisation (elle se transforme en hématite) dispersés dans le minerai, essentiellement constitué de *bornite*. Les contours des cristaux de ce minéral sont largement bordés par un liseré de *covellite* (fig. 19, pl. 3). Les espaces intergranulaires peuvent être remplis par de la malachite. On observe également de la *chalcopyrite* postérieure à la bornite.

La succession proposée serait la suivante :

magnétite → hématite
bornite, chalcopyrite } covellite, malachite

Nous sommes tentés de considérer cette minéralisation comme appartenant à une cinquième apophyse péribatholitique, de faible extension, superposée aux quatre autres et caractérisée par la présence de *cuivre*.

Signalons que dans ce gisement la sphalérite et la galène ont été signalées mais nous ne les avons pas observées dans l'échantillon étudié.

Source : MNHN, Paris

Minéralisations des bordures N et NE du massif du Tichka

Localisation	gangue	roche encaissante	bornite	tétraédrite	or natif	hématite	malachite	arsénopyrite	galène	sphalérite	chalcopyrite	pyrite	pyrrhotite	molybdénite	magnétite	scheelite
Ikissane	quartz	CB						+	o	o	o	+	+	o		
Azih Ikissane	quartz	association avec skarns anciens			+			+			+	+	+			+
Agadir Nomarsene	grenatite	CB							+			+		+		
Irhzer Anamrou	grenatite	micaschistes						⊞						+		
Ougoug Negueded														o		
Talet n Tissert	grenatite	CB							+					+		
Azilal Oufifene																
Ihrzer Tiouialine	quartz	calcaire métamorphique							+	+	+			+		
Azilal n Maouas		CB				+						+				
Azilal Gdid	quartz	grenatite				+				+	+	+		+		+
Afadad	quartz	grenatite										⊞		+		
Talet Lekoubrit	quartz	CB						+				+	o	+		o
Talet Injokhra																
Talet Iguerniane	quartz	grenatite										+	+	⊞	+	
Talet n Tmeda	quartz	calcaires					+	+			+	+	⊞	o	+	+
Agadir n'Maine			+			+	+		+	+	+				+	
Adrar n'Takoucht																

légende : o rare ; + présent ; ⊞ abondant
CB : complexe à biotite

Source : MNHN, Paris

LA VALLÉE DE L'OUED AGHBAR (NFIS)

Le problème métallogénique de la vallée de l'Aghbar et de la bordure Est du massif

Dans la vallée de l'Aghbar il y a plusieurs pointements de roches granitiques en aval du grand coude de la rivière (au confluent de l'oued Anamrou) mais la minéralisation est différente de celle des gisements du bled Agounsane (Iskimoula, Figri). On peut donc se demander si elle a pour origine uniquement le granite.

L. Clariond (rapport 1938 p. 15) a observé, à Tamailloust, « une minéralisation massive sur le contact d'un sill de roches basiques avec les calcaires et latéralement des départs de galène et de blende dans les fissures du calcaire ». En 1948, E. Fauvelet a reposé nettement le problème (p. 15 à 21) et il conclut à la mise en place, avant celle du granite, d'un massif de diabases anciennes qui auraient été métamorphisées en roches à amphiboles et grenats de part et d'autre du calcaire du J. Afadad. La situation de ce massif supposé correspond exactement à ce que nous avons marqué sur notre carte en complexe à amphiboles (CA). Nous avons proposé ce terme (voir 1971, p. 11 et 12, 179, 193, 207 et passim) précisément parce que les roches à amphiboles ont une double origine : 1) les unes résultent du métamorphisme des carbonates (calcaire et probablement dolomies du Cambrien inférieur) : ce sont celles qui totalisent le plus grand tonnage ; 2) les autres dérivent de roches éruptives et pyroclastiques, en particulier d'andésites et de tufs andésitiques. La question est de savoir si les roches éruptives basiques (dolérites ou diabases) ont été à l'origine de certaines minéralisations de la bordure Est du massif.

Principaux gîtes

Agadir Nomarsene (n'Amarouhssene)

Ce lieu-dit, situé sur la rive gauche de l'oued n' Ourhbar, est marqué par la ruine d'un ancien fortin (peut-être même un bameau). Près de lui, on peut voir deux ravins, Talet n'Ouaît Ouzirene (pour nous Talet Neitizergane) et Talet n'Tissert, qui font affleurer des grenatites interstratifiées dans la série métamorphique CB (complexe à biotite). Celles-ci sont bien conservées (compactes et dures) à l'origine du ravin, près du granite qui donne lieu à une petite falaise, mais très décomposées plus en aval, au voisinage du thalweg. Elles ont une direction N 8°E, un pendage de 60 à 80° vers l'Est et une puissance de 1 à 8 m, formant un ensemble long de plusieurs centaines de mètres et puissant de 300 m environ. Dans la partie haute de Talet Neitizergane, en pleine forêt de chênes verts, un banc de grenatite a 200 m de long et atteint 3 m d'épaisseur. Ces roches contiennent un peu de molybdénite, de pyrite et de galène (Alnikine, rapport 27 p. 6 et 28 p. 7 et rapport 96 p. 46). En deux points le granite lui-même renferme des rosettes de molybdénite (Alnikine, rapport 230, p. 21). Nous pensons que ces parages sont encore à prospecter parce qu'ils se trouvent entre deux affleurements de granite, l'apophyse située en amont d'Oufifen et celle d'Igui n'Talet Irgounarene.

Source : MNHN, Paris

Irhzer Anamrou

Cet affluent de droite de l'oued Aghbar (I, fig. 51, p. 182) traverse le complexe à biotite (CB) avant d'arriver dans le granite : le micaschiste et les schistes noduleux admettent des lentilles de grenatites où l'on trouve des mouches isolées de molybdénite. N. Alnikine (rapport 259, p. 38) a reconnu une lentille d'arsénopyrite de 5 m de long et de 20 cm de puissance dans ce ravin. L'analyse d'un échantillon a donné :

Au ..... o gr, 80 (t) ; Ag ..... 8 gr, 40 (t).

Boutonnière d'Ougoug Negueded

Nous avons découvert un type de gisement non reconnu jusqu'à présent par les prospecteurs dans le Tichka et qui serait donc à rechercher un peu partout.

En amont d'Oufifen, entre le Talet n'Tissert et Irhzer n'Ououzet, le granite forme une voûte assez régulière au-dessous du complexe à biotite (gneiss, micaschistes, cornéennes à andalousite). Cette voûte, entaillée sur 20 à 30 m de haut, par l'Asif Aghbar, permet de faire beaucoup d'observations pétrographiques. A sa sortie aval, l'oued qui avait été rétréci au niveau d'une cascade, forme deux larges trous d'eau (Guelteten) avant de prendre un lit à peu près régulier. Autour de ces trous d'eau le contact même du granite et des terrains encaissants est conservé avec un degré variable de décapage. On s'aperçoit ainsi qu'il existe un *faciès pegmatoïde de bordure* affectant des modalités diverses. Une grande dalle, d'environ 20 m sur 15, montre des feldspatbs rectangulaires atteignant 8 à 10 cm de côté, noyés en haut dans un fond de micaschistes en placage et en bas dans un fond de quartz, cela sur 1 m d'épaisseur. Les feldspaths ne sont ni alignés ni orientés et, à quelques mètres de là, ils dessinent un damier plus petit, plus serré et beaucoup plus mince (4 à 5 cm).

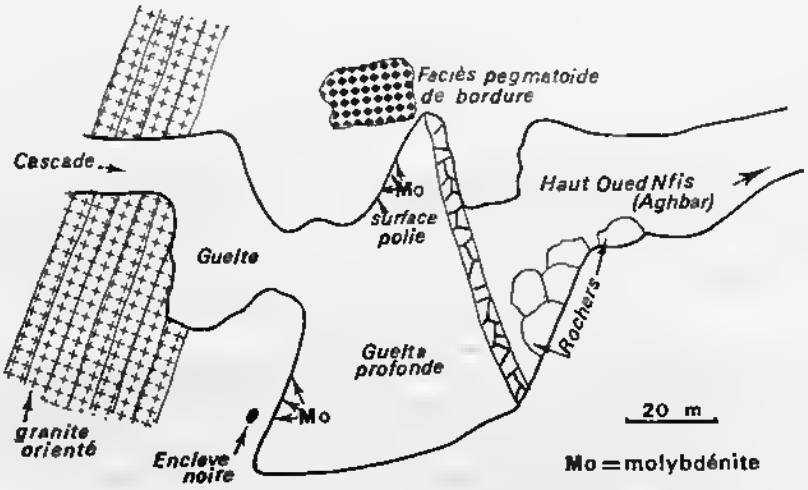


Fig. 24. — Plan des trous d'eau en aval d'Ougoug Negueded

Tout près, on observe de beaux filons de pegmatite à muscovite en sphérolites, de pegmatite à mica noir en lames atteignant 10 cm de largeur et de pegmatite à mica gris (altération de la biotite : baueritisation).

Les premières couches de terrains métamorphiques sont en général des micaschistes à mica noir disséminé, qui montrent ce même minéral en plages de plusieurs centimètres, vaguement hexagonales.

Tout cela indique clairement que *la surface de contact du granite a servi de voie de circulation aux vapeurs et aux gaz.* Il était donc logique d'y chercher des traces de minerai et nous les y avons trouvées.

Entre les trous d'eau mentionnés, il y a un étranglement de la rivière, limité vers l'Est par deux surfaces polies qui se prolongent l'une l'autre. Ces deux surfaces portent des lamelles de molybdénite

Source : MNHN, Paris

et, rive gauche, il y a une quinzaine de mouches sur 10 m². Or, d'après tout ce que nous avons observé, il semble y avoir une certaine incompatibilité entre le mica et la molybdénite. Si donc, au lieu de micaschistes, la roche encaissante avait été constituée par des grès feldspatbisés (comma à Figri), des skarns (comme à Iskimoula) ou des grenatites (comme à Azegour) il y aurait vraisemblablement eu une imprégnation exploitable de ces coucbes. Pour conclure, la molybdénite n'est pas seulement un minerai de télécontact suivant l'expression de Duparc 1930, mais aussi de *contact immédiat*, et il convient de la chercher dans les bandes de roches favorables coupées par le granite.

Talet n'Tissert

C'est un affluent (vol. I, fig. 51) de la rive gauche de l'oued n Ourhbar dont le confluent est situé en amont d'Oufifen et dont la partie haute passe entre la cote 2 962 m (à l'W) et la cote 2 513 m (à l'E). Il traverse du complexe à biotite (CB) avec grenatites subordonnées et plusieurs apophyses de granite. Les grenatites contiennent des mouches de molybdénite (Alnikine, rapport 27, p. 6, et rapport 28, p. 7). Dans la partie supérieure a été reconnue « une veinule de plusieurs mètres de long et de 35 cm de puissance, mouchetée de galène ».

Irhzer Tiouialine

Plomb et Zinc.

Filon A : sur la rive droite de ce grand ravin, à l'altitude 2 320 m, existe un filon de quartz blanc carrié : longueur 50 m, direction N 37° à 40°E, pendage SE proche de la verticale, puissance de 0,70 à 2 m. Mur de calcaires métamorphiques bleus très durs, toit de calcschistes. Minéralisation en chalcopyrite et malachite (Alnikine, rapport 28, p. 8).

Veine B : veine de quartz N-S, puissance 80 cm, suivie sur 200 m. Minéralisation de galène et de sphalérite (*Ibid.* p. 9).

Veinules C, D, E : filonnets de quartz à mouches de galène à proximité des veines de molybdénite d'Ikissane (*Ibid.*).

Pyrite.

Dans la partie baute de Irhzer Tiouialine, il y a un filon mi-quartzeux, suivi sur 180 m (direction N 8 à 16°E, pendage de 70° vers le SE, puissance de 1 à 4 m). Minéralisation : pyrite (vers le milieu du filon, géodes de quartz tapissées de cristaux de pyrite), pyrrhotite, sphalérite, arsénopyrite.

Dans le même ravin ont été reconnues trois lentilles d'arsénopyrite de peu d'importance et une lentille sans intérêt, minéralisée en chalcopyrite.

Azilal Oufifene

De part et d'autre du bameau d'Oufifen, le complexe à biotite (CB) affleure largement mais il existe une bande de complexe à amphibole (presque N-S) qui semble bien correspondre à des tufs andésitiques métamorphisés. Les deux terrains sont traversés par des dykes et des filons de granite.

Granite andésinique à biotite (Ti 5972) : quartz abondant, andésine basique (48 % An), minerai opaque, biotite, amygdale de quartz (composée de quartz et de chlorite).

Azilal Maouas

Au Sud d'Oufifen s'étend une crête presque N-S qui culmine à 2 315 m : c'est Azilal Maouas. Elle comprend surtout du complexe à biotite, du complexe à ampbibole et des filons basiques (I, fig. 51, 52, 53, p. 186, 190). Nous y avons récolté plus de vingt variétés de roches (éruptives et métamorpbiques).

Andésinite (Chka 211). Confluent d'Irbzer Maouas avec Asif Ijanatene. Roche blanche en filon ressemblant à une aplite et traversant le complexe ampbibolique, mais constituée uniquement par du feldspath, en fait par de l'andésine à 39 % An.

Granodiorite (Ti 5578). Azilal n'Maouas même. Quartz, andésine à 44 % An, micropegmatite, apatite, ilménite et leucoxène, biotite.

Source : MNHN, Paris

Granodiorite à grain fin (Ti 5578 bis). Azilal n'Maouas même. Quartz, andésine de 40 à 44 % An, biotite, apatite, ilménite (à inclusions d'apatits) et leucoxène, micropegmatite.

Microgranodiorite (Ti 5728). Roche à 2 temps. 1) Plagioclases zonés à faces cristallographiques offrant des phénomènes de résorption. 2) Mésostase : ilménite et leucoxène, amphibole, biotite.

Microgranodiorite (Ti 5699). Talbort Maouas. Roche à 2 temps. 1) Plagioclase (cf. andésine) atteignant 3 mm et parfois zoné, hornblende englobant de la biotite. 2) Quartz, apatite, ilménite et leucoxène, biotite, bornblende, plagioclase.

Diorite à grain fin (Ti 2260). Azilal n'Maouas même. Hornblende, plagioclases altérés, minerai opaque, biotite verdie.

Diorite micacé (Ti 5579). Andésine, hornblende, minerai opaque, biotite. Cette roche a une tendance doléritique, les plagioclases sont parfois presque jointifs et orientés en tous sens.

Grès cornéenne à biotite (Ti 2730). Au-dessus de l'azib, rive droite du ravin, quartz en petits grains, minéral opaque, biotite, pbénoblastes d'orthose et de plagioclase à bords dentelés.

Cornéenne à biotite et amphibole, feldspathisée (Ti 6002). Azilal n' Maouas. Quartz en grains de 30 à 80 μ, biotite, hornblende, apatite, feldspatbs de néoformation atteignant de 600 à 700 μ.

Grès métamorphique à biotite et amphibole, feldspathisé (Ti 1517). Talbort n'Maouas. Quartz en grains de 10 à 50 μ, minerai opaque et bématite rouge translucide, apatite, biotite, hornblende (englobant parfois des paillettes de biotite), plagioclase à bords dentelés. Suivant les points, on peut nommer cette roche amphibolite gréseuse micacée ou micagrès à hornblende. En tout cas, elle tend nettement vers la leptynolite.

Grès faiblement micacé mais fortement feldspathisé (Ti 1527) : roche faiblement orientée, quartz, minerai opaque noir passant à hématite rouge, biotite en petits amas, cblorite, plagioclases de néoformation (1 à 1,2 mm).

Chloritogrès feldspathisé (Ti 2579 bis). Irhzer n'Maouas. Qusrtz en grains de 50 à 70 μ, minerai opaque, chlorite, plagioclase.

Chloritogrès feldspathisé (Ti 5716). Azilal n'Maouas. Quartz en grains de 10 à 50 μ, minerai opaque et limonite, chlorite formant des traînées flexueuses, plagioclase atteignant 1,5 mm. Localement cette roche ressemble, à l'œil nu, à une brèche.

Microdiorite quartzique et micacé (Ti 5126). Rive gauche d'Irhzer n'Maouas. Roche à 2 temps. 1) Andésine. 2) Apatite, minerai opaque, amphibole, biotite, andésine basique, quartz, calcite secondaire.

Leptynolite (micagrès feldspathisé) (Ti 2736). Azilal n'Maouas. Fond de la roche constitué par du quartz en grains de 15 à 80 μ, apatite, minerai opaque, muscovite, biotite atteignant 850 μ, grands feldspaths (orthose) englobant des grains de quartz.

Leptynolite (Ti 2730). Rive droite d'Irhzer n'Maouas, au-dessus de l'azib. Quartz en grains de 15 à 40 μ, minerai opaque, biotite, feldspaths atteignant 1 mm. (Voir Lacroix A. 1898-9).

Leptynolite (Ti 2530). Azilal n'Maouas. Quartz en grains de 20 à 50 μ, minerai opaque en sections losangiques ou trapézoïdales, apatite, plagioclases poecilitiques (à enclaves de quartz) et à bords dentelés atteignant 2,5 mm (on peut très bien voir les premiers stades d'apparition de ces feldspatbs).

Leptynolite (Ti 2518). Azilal n'Maouas. Quartz en grains souvent anguleux de 15 à 100 μ, minerai opaque et bématite rouge translucide, apatite, biotite en petites écailles, ampbibole en baguettes très longues et en faisceaux, chlorite renfermant de nombreuses écailles de rutile, plagioclases amiboïdes à contours dentelés. La roche n'est pas très homogène : il y a des parties pauvres en biotite et des parties riches en ce mica.

Grès amphibolique (Ti 2517). Éperon d'Azilal n'Maouas. Quartz en grains de 20 à 100 μ constituant le fond de la rocbe, apatite, minerai opaque à contours très découpés, hornblende en baguettes de 0,5 à 1 mm et en faisceaux, feldspaths en voie de formation (décelables surtout avec une lame auxiliaire).

Amphibolite gréseuse micacée (Ti 1519). Éperon d'Azilal Maouas. Quartz en grains de 20 à 100 μ constituant l'essentiel de la roche, ilménite et leucoxène formant des cordons, biotite moins abondante que l'amphibole, hornblende (dominante) en baguettes et en gerbes, feldspatbs en voie de formation (mis en évidence avec le gypse).

Amphibolite gréseuse (Ti 4040). Talbort n'Maouas. Fond de la roche constitué par des grains de quartz et des feldspaths détritiques (rarement maclés), ilménite et leucoxène, hornblende, biotite, chlorite.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 2568) : quartz, ilménite et leucoxène, amphibole, plagioclase de néoformation atteignant 1,5 mm.

Skarn à grenat et amphibole (Ti 2569) : apatite, quartz, amphibole, grenat.

Source : MNHN, Paris

Flanc Est d'Azilal n'Maouas

Des affleurements de grenatite ont fait l'objet de grattage mais le plus souvent on n'y a rencontré que de la calcite et du grenat.

MT 16 : on observe au contact d'un filon de quartz une belle minéralisation en hématite. Microscopiquement on constate que ce minéral seul est présent.

Une coupe établie par Ch. Bizard (1955) signale, sur le flanc SW du Maouas, des minéralisations avec arsénopyrite, pyrrbotite, pyrite, chalcopyrite et or exprimé dans le quartz en relation avec l'apopbyse de granite aplitique du Maouas.

Azilal Gdid, Talet Lekoubrit et Talet Injokhra

Le grand ravin appelé Irhzer n Maouas sépare, en gros, le complexe amphibolique, cantonné sur sa rive droite (Est), du complexe à biotite très développé sur sa rive gauche (Azilal Maouas, Azilal Gdid, etc.). Les formations qui nous intéressent sont localisées entre le chemin muletier d'Agadir n'Maïne au Tizi n'Zaïkor et le grand sill de granite qui rejoint la base de Timezguida n' Tsenefelt aux pentes Ouest de Timezguida n'Ourgboult, en restant très près du ravin d'Injokhra ou même dans son thalweg. Nous allons les passer en revue du NNE au SSW.

Comme point de repère initial, indiquons qu'au Sud du chemin muletier d'Agadir n'Maïne au Tizi n'Zaïkor, et sur la rive gauche d'Irhzer n'Maouas, tout près de l'oued Aghbar, l'œil est attiré par un beau croisement de terrains en relief : il s'agit d'un banc de quartzites épais de 2 à 3 m (direction N 40°E, pendage 65° au SE), coupé par un dyke de microdiorite vertical (de direction N 30°W).

Un peu en amont de ce point (et du kerkour n° 67 des Eaux et Forêts édifié près du croisement mentionné), à 15 m au-dessus d'Irhzer n Maouas et un peu en aval du Talet Lekoubrit, se trouve le *chantier Alnikine n° 1.*

Il s'agit de grenatites à pyroxène vert foncé, injectées de quartz, d'aplite et coupées par du microdiorite. La minéralisation comporte de la pyrite en abondance, dont l'altération a donné à la roche une croûte ferrugineuse, et un peu de molybdénite partiellement oxydée en produit jaune vif (molybdocre).

On observe dans la masse des veines d'une roche blanche composée de quartz et d'un minéral blanc fibreux très altéré (wollastonite ? trémolite ?).

Plus baut, sur la pente d'Azilal n Gdid, à environ 150 m de distance horizontale d'Irhzer n Maouas et à 30 m sur la rive gauche du Talet Lekoubrit, on a creusé un puits de 2 m dans les grenatites qui ont subi là une altération ferrugineuse prononcée. Les parties intéressantes correspondent à une roche carriée, friable, rose et verte, très riche en quartz et en pyrite mais pauvre en molybdène. La surface de cette roche est revêtue d'efflorescences d'alun de fer.

Dans le thalweg même du Talet Lekoubrit, il y a deux petites attaques, une sur chaque rive. Celle de la rive gauche est dans les grenatites injectées de quartz et imprégnées de pyrite. Celle de la rive droite se trouve dans des gneiss gris injectés d'aplite et de quartz avec pyrite.

Le *chantier n° 2* est situé près de la tête du Talet Lekoubrit. Il met en évidence une roche chloriteuse coincée entre des grès métamorphiques et de l'aplite, roche qui renferme beaucoup de pyrite, moins d'hématite et moins encore de molybdénite.

Le *chantier n° 3* entame une roche verte un peu moins altérée en chlorite que celle du chantier n° 2, recoupée par des filons d'aplite et de quartz accompagnés de molybdénite.

Un peu plus haut, un puits a mis en lumière des gneiss à biotite avec feldspaths porpbyriques ainsi qu'une roche composée de quartz et d'un minéral vert-noir (cf. amphibole), recoupée par de l'aplite et imprégnée en pyrite et molybdénite.

Le *chantier n° 4* situé à 8 m du puits précédent, consiste en une tranchée longue de 5 à 6 m. On y voit des quartzites presque noirs, de la roche chloriteuse injectée de quartz et imprégnée de molybdénite, et une roche à substance vert foncé mat et grenat renfermant un peu de molybdénite.

Un peu plus haut, il y a un puits creusé dans une roche composée de quartz et de chlorite et une autre, à altération ferrugineuse.

Source : MNHN, Paris

Plus haut encore et très près de la crête d'Azilal n'Gdid, un grattage a été effectué dans une roche verte imprégnée de pyrite au contact d'un filon de granite eurytique.

Non loin de là et plus au sud, à environ 300 m du point où l'éperon d'Azilal n'Maouas se raccorde aux escarpements d'Asdrem Injokhra, des micaschistes sont traversés par un filon de quartz renfermant de l'hématite et par un autre offrant de la pyrite.

Sur le chemin muletier, le thalweg de la branche isolée le plus à l'W de Talet Injokhra, montre des gneiss à biotite injectés par du granite et des grès métamorphiques imprégnés de pyrite. Ce dernier faciès affleure largement vers le bas.

Le chemin aboutit à l'une des deux branches rapprochées du Talet. A 20 m au-dessus du terminus (en un point où l'on ne peut aboutir qu'en faisant un peu d'escalade) et au-dessous du grand sill de granite qui rejoint le Timezguida n'Tsenelft au T. n'Ourhgoult, en passant sur le flanc Nord du J. Anamerou, on a attaqué superficiellement la rive droite du ravin, composée de grenatites, d'une roche lourde à grands cristaux d'amphibole et de quartzites noirs à mouches d'hématite.

En descendant des chantiers les plus élevés de Talet Injokhra par un chemin plus rapide que le principal, on rencontre des grès métamorphiques à patine rouille (analogues à ceux de Tamguerd n'Isli), puis des grenatites avec de belles formes cristallines (dodécaèdre rhomboïdal) injectés de quartz et imprégnés en marcasite.

Plus bas encore, de la pyrite associée à de la pyrrhotite, puis des grès injectés de quartz, à pyrite et pyrrhotite, montrant de minuscules mouches faisant penser au molybdène et revêtus d'efflorescences blanches d'alun de fer et jaunes de soufre.

Conclusion

La minéralisation de ce groupe est plus abondante en pyrite qu'en molybdénite. En outre, les gîtes sont très dispersés ; aussi ne pensons-nous pas qu'il y ait intérêt à les exploiter.

Talet Lekoubrit

Ce ravin se trouve sur le flanc Est de l'éperon nommé Azilal n'Maouas, situé au SSW des maisons d'Oufifen.

Amphibolite (Ti 2554, rive droite de Talet Lekoubrit, grattage à 30 m au S du chantier d'Alnikine) : silice en grandes plages (non détritiques), bornblende, minerai opaque.

Amphibolite gréseuse passant à grès amphibolique (Ti 5668) : quartz en grains de 10 à 50 μ, minerai opaque, bornblende, plagioclases.

Chloritogrès feldspathisé (Ti 2559, au-dessus du chantier n° 3 d'Alnikine) : quartz en grains de 30 à 120 μ, apatite, minerai opaque, chlorite abondante, plagioclase.

Dans le complexe à biotite, il existe des lentilles de grenatites injectées d'aplite et de quartz avec une riche minéralisation en pyrite et quelques mouches de molybdénite.

PM 123 : dans un filon de quartz, très riche minéralisation en pyrite qui se présente en cristaux automorphes ; on y observe de petits amas de molybdénite. Microscopiquement, on distingue des cristaux de pyrite d'aspect spongieux. Il existe également un peu de pyrrhotite qui semble généralement associée à la molybdénite.

Talet Injokhra

Ce ravin (1, p. 190, fig. 51, 52, 53) situé sur la rive droite de l'oued Aghbar, presque en face du hameau d'Oufifen, se jette dans Irhzer n'Maouas. Comme lui il correspond en gros à une limite de terrains. Sa rive gauche est constituée par le complexe à biotite (gneiss à enclaves) et sa rive droite par le complexe à amphibole (J. Afadad). Les travaux de recherche de N. Alnikine ont porté sur la rive gauche du ravin (rapports 96 et 265).

Il existe un filon discontinu de quartz dont la longueur totale excède 1 km (direction presque N-S, pendage de 80° vers l'W, puissance variant de 0,80 à 2 m). Sa minéralisation est essentiellement à pyrite dans une gangue de quartz et localement à molybdénite. De plus, ont été reconnues plusieurs lentilles de roches métamorphiques à grenats et amphibole qui ont donné pyrite (principalement),

Source : MNHN, Paris

molybdénite et arsénopyrite. Enfin, on peut voir des skarnoïdes à amphibole, grenat, épidote, concordant avec les autres roches métamorphiques.

Dans ce ravin nous avons recueilli une quinzaine de variétés de roches.

Pegmatite graphique (Chka 205 B), constituée essentiellement par du microcline-perthite et du quartz, minerai opaque, petites écailles hexagonales d'un brun rouge (couleur numéros 160, 167 et 180 du code Pantone) qui polarisent faiblement (peut-être allanite ?).

Pegmatite (Chka 639), chantier au-dessus du point terminal du chemin. Orthose-perthite (dominante) et quartz, plagioclase, amphibole fibreuse, ilménite et leucoxène, hématite et limonite.

Microgranodiorite à pyroxène (Ti 1560), quartz en forte proportion, apatite, ilménite et leucoxène, biotite, amphibole à extinction parcellaire et constituant des amas, pyroxène vert (non pléochroïque, extinction 40°), plagioclases zonés et damouritisés sauf un limbe périphérique, orthose, myrmékite, chlorite, rutile.

Diorite quartzique et micacé (Ti 2223, Ti 4027, Ti 5833, Ti 2590, Chka 164). Apatite, ilménite entourée de leucoxène, biotite (30 à 300 μ) avec des inclusions de minerai opaque en barreaux parallèles et des auréoles pléocbroïques autour de zircons, hornblende (2 mm) avec inclusions de minerai opaque et parfois de biotite, andésine à 40 % An (1 mm), quartz (cristaux de 30 à 100 μ). Certaines variétés sont porphyroïdes (Ti 4027).

Microdiorite (Ti 5662). Roche à 2 temps : 1) Plagioclases atteignant 4 mm, hornblende de même dimension. 2) Ilménite et leucoxène, apatite, biotite, amphibole (renfermant des inclusions de minerai opaque et de biotite), plagioclase, rutile, quartz interstitiel de 50 à 600 μ (il n'est ni automorphe ni cryptocristallin).

Diorite doléritique et micacé (Ti 2223 bis). 3e chantier au-dessus du chemin, rive gauche du ravin. Structure doléritique, minerai opaque en grilles, andésine à 43 % An, amphibole, biotite.

Dolérite à amphibole et biotite (Ti 5833). Minerai opaque, hornblende (bourrée d'inclusions de minerai opaque), biotite, labrador à 55 % An, limonite.

Chloritogrès feldspathisé (Ti 2553). Rive gauche de Talet Injokhra : quartz détritique dominant de 10 à 150 μ, minerai opaque abondant (surtout ilménite et leucoxène), apatite, chlorite, plagioclase à contours dentelés (postérieur au quartz).

Chloritogrès feldspathisé (Ti 5845). Quartz en grains de 20 à 80 μ, apatite, leucoxène, calcite, mica blanc, plagioclases poecilitiques (renfermant des grains de quartz).

Micagrès à muscovite (Ti 3191). 4e chantier au-dessous du chemin : quartz en grains de 30 à 100 μ (très riches en inclusions roses), muscovite en paillettes de 100 à 500 μ, minerai opaque.

Leptynolite (micagrès à biotite feldspathisé, Ti 5897). Roche finement litée. Quartz en grains de 50 à 150 μ, minerai opaque, biotite constituant des lits, muscovite, chlorite, plagioclases de néoformation. Minéral rouge-orange en inclusions dans la biotite (hématite ?).

Leptynolite (Ti 5798). Quartz (de 200 à 400 μ) offrant des angles aigus et des apophyses, minerai opaque, biotite et chlorite, plagioclases atteignant 3 mm.

Leptynolite (Ti 5783). Quartz en grains de 10 à 100 μ, minerai opaque, zircon, biotite, plagioclases poecilitiques (renfermant des inclusions de quartz) et dont les bords sont en dentelle.

Leptynolite (Ti 5679). Quartz en individus de 10 à 50 μ formant le fond de la roche, minerai opaque et amas de leucoxène se terminant par des pointes, biotite (à inclusions de leucoxène), plagioclases en cristaux non achevés.

Leptynolite (Ti 5897 bis) : quartz constituant le fond de la roche (en grains de 30 à 150 μ), biotite (20 à 200 μ), minerai opaque, chlorite, feldspaths (1 à 1,5 mm).

Leptynolite (Ti 2557), confluent du Talet Injokhra avec Irhzer n'Maouas. Quartz en grains de 30 à 150 μ, minerai opaque pulvérulent, biotite formant des lits, feldspaths.

Leptynolite (Ti 5691). Quartz en individus de 10 à 50 μ, ilménite et leucoxène, biotite formant souvent des amas, plagioclases poecilitiques (à enclaves de quartz) et à bords dentelés, qui atteignent 3 mm.

Grès métamorphique à amphibole et biotite (Ti 2512). Quartz en grains de 10 à 100 μ, minerai opaque à sections rectangulaires, leucoxène, hornblende poecilitique à enclaves de quartz, biotite (mal caractérisée).

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Ti 5741). Quartz en individus de 10 à 50 μ, ilménite et leucoxène, amphibole parfois poecilitique, plagioclases à contour global non achevé.

Parapyroxénite (Ti 2211). Quartz en grains de 15 à 100 μ, calcite abondante, pyroxène d'un jaune très pâle (dominant), leucoxène.

Grenatites dont nous n'avons pas d'échantillons.

Source : MNHN, Paris

On rencontre sur la rive gauche de ce ravin des gneiss à biotite montrant localement des enclaves arrondies de grenatite, sur lesquelles ont été effectués des grattages.

MT 54 : sur la rive gauche de la branche le plus à l'W, deuxième grattage au-dessous du chemin. Minéralisstion en pyrite abondante au contact d'une pyroxénite et d'une grenatite. Microscopiquement, ls pyrite est souvent poreuse et dendritique ; elle peut contenir des plages de chalcopyrite et de pyrrhotite, mais elles sont rares. On observe assez souvent des cristaux automorphes de pyrite dense entourés de pyrite poreuse. On notera que la scheelite a pu être mise en évidence dans cet échantillon grâce à la lampe de Wood.

On donne pour ce grattage ls succession suivante :

scheelite
pyrite
pyrrhotite
chalcopyrite

Remarque : Pour C. Bizard et V. Ziegler (1955) et pour J. Agard (1973), ces minéralisations seraient en relation avec l'apophyse d'Oufifen, tandis que pour E. Fauvelet (1948), comme les porphyres intermédiaires recoupent la minéralisation (et sont eux-mêmes recoupés par la granulite) ce gîte représente une « ségrégation périphérique des roches basiques », donc une genèse antérieure à la granitisation du massif du Tichka.

Talet Iguerniane

Ce ravin est un affluent de droite de l'oued Aghbar (1, fig. 51, p. 182).

Plaques minces

Parapyroxènite feldspathisée (Ti 2671) : roche orientée, quartz dominant en grains de 20 à 50 μ, calcite, ilménite entourée de leucoxène, pyroxène incolore ou vert très pâle, hornblende formant des lits irréguliers, plagioclase atteignant 0,5 mm, épidote.

Skarn vrai, gréseux, à grenat, pyroxène et amphibole (Ti 2671 bis) : roche litée, quartz dominant, apatite, ilménite et leucoxène, pyroxène d'un vert très pâle, amphibole verte poecilitique (à enclaves de qusrtz), plagioclase, cf. orthose, petites veines de calcite.

Cornéenne à biotite et amphibole (Ti 5672) : quartz, ilménite et leucoxène, biotite, amphibole, plagioclases de néoformation ; cette roche est accolée à un granite à biotite et amphibole.

Talet Tmeda (Temda)

Ce ravin est également un affluent de droite de l'oued Aghbar (1, fig. 51, p. 182).

M 146 : on observe au contact d'une grenatite une passée de calcite formant les épontes d'un filon de quartz minéralisé en molybdénite très bien cristallisée en belles lames. Il existe aussi de la molybdénite dans la calcite.

MP 134 = 146 bis : dans un autre fragment du même échantillon, on observe microscopiquement un peu de pyrite et de pyrrhotite ainsi que de ls molybdénite.

Dans cette recherche, le molybdène est lié su filon de quartz à éponts de calcite qui recoupe une très belle grenatite.

J. Afanan

Le mot Afadad est très peu employé par les habitants et en tout cas il est utilisé par eux dans un sens assez large pour couvrir les pentes Nord de la rive droite de l'oued Aghbar, en face d'Agadir n'Maïne et d'Amsioui. Sur notre carte, nous l'avons marqué au lieu qui nous a été indiqué, c'est-à-dire au NNE de Timezguida n'Ourhguelt (cote 2 900 m). Mais pour N. Alnikine et G. Rosier, ce mot s'applique au contrefort montagneux (éperon) situé à l'W de Talet n'Ourhguelt. Dans les lignes qui vont suivre, nous le prendrons donc dans ce sens plus restreint.

Source : MNHN, Paris

Le J. Afadad (1, p. 186, fig. 51 et 53), dont le sommet culmine à 2 682 m, est constitué par les calcaires géorgiens métamorphiques (bande d'Agadir n'Maïne donnant lieu à des escarpements sur sa limite ouest), par du complexe à biotite (rive droite de Talet Negourzidane) et surtout par le complexe à amphibole (notamment sur la rive droite de Talet Injokhra, appelé aussi Asif n'Maouas). Ces terrains sont recoupés par l'apophyse granitique de la rive droite de l'oued Aghbar.

N. Alnikine (rapport 96, 1935 ; rapport 265, 1939), puis G. Rosier (1943) ont reconnu plusieurs lentilles de roches à grenats et amphibole dans le complexe à amphibole, puis quatre zones à grenatites et de skarns à pyroxène et grenat dans les cipolins. L. Clariond (rapport 1938) les compare à celles de la bande centrale d'Azgour. Mais voyons les choses d'un peu plus près.

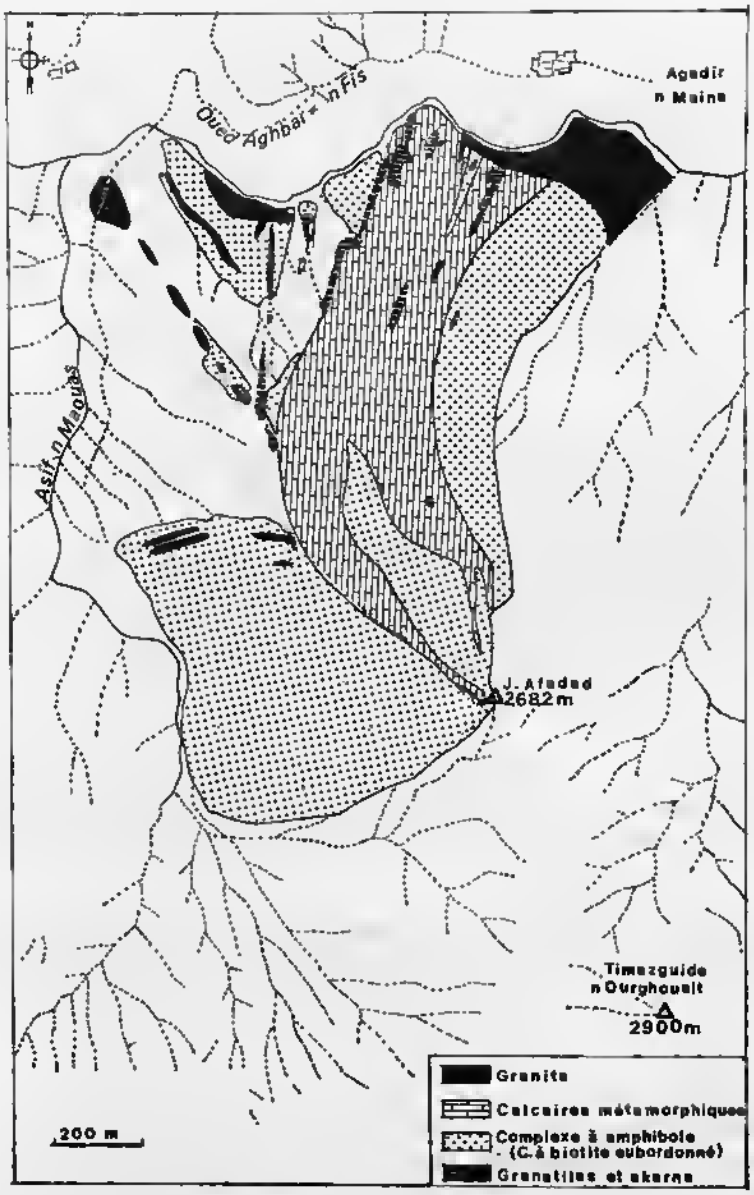


Fig. 26. — J. Afadad (d'après G. Rosier).

Source : MNHN, Paris

Les calcaires métamorphiques forment une bande incurvée tournant sa convexité vers l'W. Sur la rive droite de l'oued Aghbar, sa puissance d'environ 350 m reste constante sensiblement sur 750 m de projection horizontale mais, plus au Sud, la bande se divise en deux branches dont l'épaisseur diminue rapidement et devient nulle près de la cote 2 682 m.

Les zones à grenatites et skarns sont, de l'W à l'E, les suivantes :

Zone A : elle descend de l'altitude 2 275 (au S) à 1 850 m (au N, près de l'oued Aghbar). Sa direction, d'abord de 10 à 15°W (dans la partie haute), s'infléchit et devient N 10°E sur environ 500 m et va buter dans le granite d'Agadir n'Maïne.

Zone B : elle débute à 25 m à l'E de la zone A par un banc très mince, à l'altitude 2 265 m et puis subit à peu près le même changement de direction et va également buter dans le granite. Sur son flanc Est (un peu en-dessous de la cote 2 200), elle est longée sur environ 45 m par un dyke de granite épais de 2 à 3 m, qui lui est rigoureusement parallèle.

Entre la zone A et la zone B on peut voir des calcaires silicifiés.

Zone C : elle est très courte et se tient sur la rive gauche de Talaat n'Temda, qu'elle atteint presque à l'altitude 2 000 m.

Zone D : elle est un peu plus longue que la zone C, part de l'altitude 2 130, descend sur la rive gauche de Talaat n'Temda qu'elle traverse de peu vers la cote 2 000. Sa direction est N 5°E.

Il est important de noter que les calcaires métamorpbiques ont été *plissés* : en effet, entre la zone B et la zone D on peut voir une *structure périanticlinale* qui se manifeste près de la cote 2 125 m par une falaise calcaire pratiquement infranchissable sans corde de rappel. Son flanc W, épais de 15 m, a un pendage de 80° vers l'W 10°N ; son flanc E montre des bancs verticaux. Le grand axe de la demi-ellipse a 100 m, son petit axe de 80 à 90 m. Le grand axe de l'anticlinal se retrouve plus au N près de la zone B à 2 075 m, puis entre les zones B et C au voisinage de la cote 2 000 m. Cet anticlinal est flanqué à l'E par un synclinal comprenant les bandes C et D. Les bandes de grenatites ne sont pas pliées et conservent leur allure rectiligne : on peut donc penser que leur formation est *postérieure à la tectonique* envisagée.

Les calcaires ont été le siège d'un système de diaclases à faible pendage Ouest qui sont rendues bien visibles par des vires généralement couvertes d'éboulis (G. Rosier, p. 3). Ces diaclases ont souvent servi de passage à des filons d'aplite blanche ou de granite aplitique verdâtre, d'où partent des veines plus petites qui se sont insinuées le long des joints de stratification du calcaire.

Le métamorphisme a provoqué la formation de grenatite et de skarns en lentilles discontinues. D'une façon générale, au J. Afadad, les skarns ont plus de grenat que de pyroxène (tandis qu'à Iskimoula c'est le contraire) ; en outre, le pyroxène est souvent transformé en ouralite.

Les grenatites et les skarns sont recoupés par des filons de quartz qui passent localement à une pegmatite de quartz, feldspath alcalin rose et muscovite. Ces filons « se trouvent généralement dans des plans verticaux, de direction approximative WNW-ESE, à peu près perpendiculaire à la stratification des grenatites et calcaires métamorphiques » (G. Rosier, p. 9).

La minéralisation ne s'observe que dans les grenatites et les skarns : elle consiste essentiellement en pyrite et molybdénite, moins abondante que la pyrite. La molybdénite se dépose surtout dans les contacts skarn-quartz, skarn-pegmatite ou skarn-aplite. En un point, on a trouvé de l'arsénopyrite. A environ 300 m au S de l'oued Aghbar et dans la moitié orientale de la bande calcaire (point XX de G. Rosier), on a repéré « une assez forte minéralisation en oligiste ».

Plaques minces

Granite à 2 micas (Ti 3193, grattage Alnikine n° 3) : roche grenue ; quartz, biotite, muscovite, ilménite (formant une traînée) et leucoxène, plagioclase.

Granite à muscovite (Ti 3181, grattage Alnikine n° 3) : quartz, muscovite en forte proportion, minerai opaque et limonite, plagioclase.

Source : MNHN, Paris

Venue quartzo-micacée (Ti 3192, pente W d'Afadad au-dessus d'Azilal Maouas) : grandes plages de quartz avec files d'inclusions, minerai opaque passant à l'hématite translucide rouge, muscovite, plagioclase.

Autre venue quartzo-micacée : apatite, minerai opaque, biotite en lamelles dépassant 1 cm, muscovite, poussière charbonneuse, quartz en grandes plages renfermant des files d'inclusions, sans limites nettes entre les cristaux.

Filon de quartz à pyroxène (T 16) : quartz dominant en grandes plages renfermant des files d'inclusions, pyroxène vert très pâle altéré en ouralite, apatite, sphène, minerai opaque.

Skarn à grenat, pyroxène et amphibole, feldspathisé (Ti 2578, grattage Alnikine n° 3) : belle roche où les minéraux sont très nets ; grenat dominant, pyroxène incolore, amphibole, minerai opaque, calcite, quartz, épidote, plagioclase.

Skarn à grenat et pyroxène (Ti 3195, grattage Alnikine n° 3) : grenat d'un jaune très pâle, pyroxène, chlorite, muscovite (peu), quartz, ilménite et leucoxène, feldspath à macle non répétitive.

Skarn à grenat et amphibole (Ti 2257, grattage Alnikine n° 3) : quartz, calcite, grenat, hornblende, sphène en coins, plagioclase (très peu).

Micaschiste à 2 micas en grandes lamelles (Chka 689, grattage Alnikine n° 3) : apatite, minerai opaque, biotite (longueur 10 à 13 mm, largeur 4 à 3 mm), muscovite (longueur 1,5 à 1,7 mm, largeur 0,8 à 1 mm), zircon, plagioclases.

Il faut ajouter à ces roches des pegmatites à quartz prédominant, des cipolins à grenat, des grenatites pures, des grenatites à hématite, des grenatites imprégnées de quartz avec pyrite et molybdénite, enfin des grenatites à pyroxène faisant le passage aux skarns.

Surfaces polies

Ti 5512 : grattage n° 1 à 150 m au-dessous de l'oued Nfis : un filon de quartz avec quelques mouches de molybdénite recoupe une grenatite également minéralisée et une roche de couleur verte stérile.

MP 104 : dans une sorte d'aplite très micacée en muscovite et minéralisée en molybdénite, l'observation microscopique montre la présence de plages de chalcopyrite en cristaux xénomorphes, d'un peu d'hématite et de quelques amas de goethite dans une zone altérée.

Ti 3195 : dans une autre section effectuée dans le même type de roche et faisant partie comme la précédente du grattage n° 3, on trouve de la pyrite dendritique et caverneuse, un peu de chalcopyrite xénomorphe, de la sphalérite et de la goethite. Il n'existe pas de molybdénite.

Dans l'ensemble, la minéralisation en molybdénite de cette recherche est assez médiocre. En revanche il est intéressant de signaler que la scheelite est assez bien exprimée et a pu être révélée grâce à la lampe de Wood de courte longueur d'onde. La succession établie pour cette mine serait donc la suivante :

scheelite
molybdénite
pyrite
chalcopyrite
sphalérite

Agadir n'maïne et ses environs immédiats

Cette région a été décrite dans notre ouvrage antérieur (1, p. 183, 186, 191, 193-196, fig. 51 et 52).

La bande calcaire d'Afadad-Agadir n'Maïne, presque méridienne entre le J. Afadad (au S) et le J. Bousna (au N), est coupée près de l'oued Aghbar par une masse NW-SE de granite à 2 micas qui localement passe à du granite à muscovite et aussi à de l'alaskite (rive droite de l'oued Aghbar). Des filons de granite à muscovite traversent les gneiss de Talet Négourzidane. Les limites entre granite et calcaire sont très nettes. Le calcaire passe à des cipolins puis à des grenatites, ainsi qu'à des skarns

Source : MNHN, Paris

à grenat, pyroxène, épidote, discordants par rapport à la stratification des calcaires. Ces exo-skarns à zonalité très nette se suivent sur plusieurs centaines de mètres et ont plusieurs mètres d'épaisseur. Le contact est souligné sur les deux rives mais surtout sur la rive droite, en amont du village, par un *gîte pyrométasomatique* de sulfures, au sens de Lindgren, le principal étant la *pyrrhotite* plus ou moins associée à pyrite, chalcopyrite, arsénopyrite, molybdénite (rare), malachite et magnétite. D'après N. Alnikine (rapport 28, p. 19 et 96, p. 54 à 57), le minerai, localement presque massif, peut atteindre 1 m de puissance (chantier n° 12).

Pour l'un de nous (H. T., rapport 1940, p. 22), la minéralisation est « en liaison directe ou presque avec le granite ». Par exemple « le chantier n° 6 montre de la pyrrhotite liée à de la pegmatite (quartz, mica) et à de la pyrite ». Pour J. Agard (1973), ce gisement est « lié aux filonnets de quartz-aplite-pegmatite, en relation avec un feuillet granitique ». Il y signale la présence de scheelite et il fait un parallèle avec Iskimoula. Mais E. Fauvelet (1948) relie ce gisement d'Agadir n'Maïne aux roches basiques qui sont antérieures aux porphyres intermédiaires et aux apophyses granitiques. Le problème est donc posé mais non résolu, d'autant plus, en ce qui nous concerne, que nous n'avons eu en mains que peu d'échantillons de minerais ; les constatations que nous avons pu faire ressemblent donc trop à de la métallogénie « de tiroir ». Cependant la présence de molybdénite et de scheelite nous inclinerait à pencher vers la première hypothèse.

Au-dessus du village d'Agadir n'Maïne, sur la rive droite de Talet n'Maïne, les calcaires métamorphiques (Kμ de notre carte) renferment d'assez nombreux amas d'hématite et de sidérite qui ont été, en partie, exploités par les habitants. L'un d'eux (amas F d'Alnikine, p. 22) a 40 m de diamètre.

Pyrite et pyrrhotite d'Agadir-n'Maïne

Sur la rive droite de l'oued Aghbar, N. Alnikine (rapport n° 28, annexe XXIII) a reconnu l'existence de pyrite et de pyrrhotite, de 120 à 280 m en amont du village d'Agadir n'Maïne, à la limite des alluvions quaternaires et des calcaires cristallins. Il y a plusieurs amas de quartz avec mouches de chalcopyrite, lesquels recoupent parfois une grenatite presque massive.

E. Fauvelet (rapport 1948) a nommé *porphyres intermédiaires* les roches qui constituent de très nombreux filons lardant les terrains (calcaires métamorphiques, complexe à amphibole et complexe à biotite) dans la vallée de l'Aghbar et plongeant faiblement (10°) vers l'Ouest. Ces porphyres sont de nature variée : microgranite, microgranodiorite, microdiorite ; nous en donnons plusieurs diagnoses dans notre sous-chapitre « Étude des plaques minces ». Quand ces porphyres traversent les calcaires métamorphiques, ils donnent naissance à de vrais skarns à épidote, grenat et pyroxène, discordants sur la série des cipolins. J. Agard (rapport 1973, p. 6) a observé un porphyre d'1 m de puissance « recoupant la falaise de cipolins au N et en avant d'Agadir n'Maïne. Un ruban de grenatite et de pyroxénite ourle le dyke sur quelques décimètres et une enclave de cipolins dans le porpbyre est ourlée de silicates constituant des zones, avec épidote verte, vers le porphyre, puis grenat rose, puis pyroxène (ou amphibole, à vérifier) vert sombre du côté de l'enclave. Ce type de skarns est indubitablement dû à la réaction du magma porphyrique sur le marbre, il s'agit d'un exo-skarn ».

D'après J. Agard (rapport 1973, p. 5), « à Agadir n'Maïne, sur la rive gauche de l'oued Nfis, une digitation NS de l'apophyse de granite à 2 micas recoupe et métamorphise à la fois le cipolin et les porphyres sub-horizontaux recoupant eux-mêmes ces cipolins ».

Étude des plaques minces

Granite à muscovite. Cette variété affleure à Agadir n'Maïne ; elle est généralement à grain fin.

Ti 1377 : le microscope montre du quartz en forte proportion et en individus non automorphes, un plagioclase à indice de réfraction nettement inférieur à celui du quartz, du microcline fréquent, de la muscovite abondante et très peu de biotite (verdie). En un point, le plagioclase renferme une inclusion de quartz allongé parallèlement au plan de macle de l'albite et deux inclusions de mica blanc.

Granite à 2 micas (Chka 94). Rive droite de l'oued Aghbar. Quartz, biotite, muscovite, plagioclase, orthose.

Source : MNHN, Paris

Microgranite à *biotite* (Ti 5591 de coordonnées 205,15-435,20). Deux temps sont bien distincts. 1) Quartz, plagioclases corrodés par le magma, biotite, micropegmatite. 2) Mésostase de quartz feldspathique formée par des cristaux de 10 à 20 μ.

Microgranite à amphibole (Ti 1498, Ti 5736, Ti 5747). Rive gauche de l'oued Aghbar. Roche à 2 temps. 1) Plagioclases parfois zonés, de 1,5 mm, cf. orthose et quartz de 0,5 à 1 mm avec golfes de corrosion. 2) Mésostase en grains de 10 à 50 μ. hornblende poecilitique (à inclusions de leucoxène et de quartz) et même parfois *sporadique* (composée d'un grand nombre d'îlots ayant tous la même orientation : c'est le début de sa formation), apatite, sphène, épidote. Il y a aussi des alignements d'amphibole qui semblent bien correspondre à des remplissages de fissures.

Microgranodiorite (Ti 2676), en filons dans les calcaires métamorphiques de Dar Ouazel (W d'Agadir n'Maïne). Roche à 2 temps. 1) Plagioclase à bords rectilignes (andésine à 43 % An). 2) Apatite, ilménite et leucoxène formant des traînées, biotite, plagioclase, orthose-perthite, épidote, zoïsite. Filonnet de muscovite (remplissage d'une fissure).

Microgranodiorite (Ti 5521 et Ti 5664), filons dans les calcaires de la rive gauche de l'oued Aghbar à Agadir n'Maïne. Roche à 2 temps : 1) grands (3 à 4 mm) plagioclases damouritisés mais conservant une zone périphérique saine (cf. andésine) ; 2) apatite, ilménite et leucoxène, sphène en coins, hornblende, biotite, quartz, micropegmatite fréquente, myrmékite en couronne d'épines autour d'un feldspath. Localement cristal de pyroxène (contamination par l'encaissant : Ti 5664).

Microdiorite franc (Ti 5508). Rive droite de Talet n'Maïne, le ravin qui aboutit à Agadir n'Maïne en venant du Nord et qui s'est établi à la limite des calcaires métamorphiques Kμ et du complexe (CA). Roche à 2 temps peu distincts : minerai opaque, andésine en lattes orientées en tous sens, hornblende, un peu de quartz.

Microdiorite quartzique micacé (Chka 174, Chka 240). Talet n'Maïne rive droite. Roche grise à grain fin. Deux temps assez nets : 1) andésine zonée ; 2) apatite en prismes dont la longueur dépasse 200 μ, ilménite et leucoxène, amphibole brune et verte avec des bandes noires longitudinales, renfermant des enclaves d'apatite et de minerai opaque, biotite, quartz, myrmékite, épidote, calcite secondaire. La roche de Chka 240 est traversée par des veines d'amphibole pure, minces au point de devenir pelliculaires.

L'échantillon Ti 1222 est semblable à cette roche : l'andésine et la hornblende atteignent 2 mm.

Microdiorite quartzique albitisé (Ti 5124), en filon dans les calcaires de la rive gauche de l'oued Aghbar. Roche à 2 temps : 1) albite (déterminée par la double mâcle) ; 2) mésostase quartzofeldspathique avec ilménite et leucoxène, puis hornblende et chlorite. En un point, concentration d'amphibole (ségrégation ?).

Microdiorite quartzique à labrador (Chka 59 : Dar Ouazel). Roche à 2 temps peu distincts : labrador à 52 % An (extinction roulante), hornblende à inclusions de minerai opaque, apatite, quartz en assez forte proportion, leucoxène, zoïsite. La roche renferme une enclave constituée par de l'amphibole et du quartz.

Microdiorite à tendance doléritique (Ti 5508), rive droite de Talet n'Maïne, dans l'essaim de filons. Roche compacte à grain fin, à 2 temps mais passant localement à une texture intersertale. 1) Plagioclases atteignant 1 mm et offrant des golfes de corrosion : andésine basique à 46 % An ; 2) minerai opaque, amphibole finement pléochroïque, plagioclase en poutrelles longues de 100 à 300 μ, chlorite. Cette roche est voisine d'une dolérite par sa texture et par la nature de son feldspath.

On peut en rapprocher l'échantillon Ti 2914 qui montre une tendance à la texture ophitique.

Gabbro ouralitisé (Chka 263) : cascade du Talet n'Maïne. Roche grenue à gros grains (8,5 mm) : augite, ouralite, ilménite et leucoxène en forte proportion, plagioclase à la limite andésine-labrador, épidote, chlorite. Cette roche est elle-même une transition entre diorite et gabbro : on pourrait la nommer bélugite.

Micagrès feldspathique (Ti 1516), de coordonnées 205,15-435,25. Quartz dominant, apatite fréquente, minerai opaque, biotite passant à la chlorite, plagioclase.

Grès métamorphique à lépidomélane et microcline (Ti 5637). Quartz en individus de 30 à 300 μ, non émoussés, lépidomélane en sections de 1 à 1,5 mm (pléochroïsme en brun et en noir), plagioclase poecilitique à bords très irréguliers (certains ont un contour amiboïde), microcline atteignant 1 à 1,2 mm.

Cipolin gréseux à biotite (Chka 485) coordonnées 204,85-435,25. Roche bien litée, calcite dominante, quartz en grains de 10 à 100 μ, ilménite et leucoxène (50 à 200 μ), biotite brune abondante, biotite verte, chlorite, feldspaths non maclés, épidote. Cette roche passe à un *micagrès à biotite* où ce mica, en paillettes de 50 à 150 μ, existe en forte proportion.

Cipolin à *grenat et pyroxène* (Chka 783) : calcite dominente, grenat renfermant de nombreuses inclusions de calcite et de diopside (autour des grenats, la calcite montre des lamelles recourbées), quartz englobant des cristaux de pyroxène. Cette roche représente un des stades de la formation des skarns.

Source : MNHN, Paris

Contact de cipolin et de grenatite (Ti 3184) : partie cipolin ; calcite dominante, quartz, pyroxène ; pertie grenatite : grenats montrant bien les coucbes successives d'eccroissements, emprisonnant des pellicules de calcite et de quartz, minerai opaque, amphibole, cblorite.

Cipolin grèseux à séricite et chlorite (Chka 101) : la roche ss présente comme un calcaire rose avec des lits verts ; calcite dominante en certaines régions, quartz dominant en d'eutres, minerai opaque, séricite, chlorite.

Cipolin chloriteux et feldepathisé (Chka 32 bis) : celcite en lentilles, ilménite et leucoxène, quartz, cblorite, plegioclase.

Cipolin à biotite et amphibole (Ti 1506) : celcite en larges cristaux, quertz en grains plus petits, biotite, amphibole brune, amphibole verte, épidote, leucoxène.

Cipolin à amphibole et biotite (Ti 1521) : calcite dominante, qusrtz, ilménite et leucoxène, amphibole verte, biotite, une section reesemble à du dipyre.

Grès amphibolique feldspathisé (Chke 660, Dar Ouazel) : quartz en grains souvent arrondis (15 à 40 μ), amphibols formant des feutrages, sphène, épidote, un peu de pyroxène, plegioclese (enrobant parfois des cristaux d'amphibole).

L'échantillon Ti 5631 peut être classé sous la même rubrique, mais il contient en plus du minerai opeque en sections rectangulaires (150 μ) et de petites écailles brunes (cf. biotite).

Micagrès amphibolique (Ti 1512) : quartz, ilménite et leucoxène, hornblende, biotite en lits discontinus, plagioclase, épidote.

Amphibolite gréseuse (Ti 5873) : emphibole en faisceaux distincts et en feutrages, quertz en grains de 10 à 50 μ, apatite fréquente, leucoxène.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Cbka 606, 699, 702, 704, 494) : quartz en grains de 10 à 100 μ, calcite, bornblende, apatite fréquente, ilménite et leucoxène formant des files, biotite, épidote, cf. zoïsite, plagioclase à bords dentelés atteignant 5 mm, cf. orthose (englobant de l'emphibole).

Grès calcareux à pyroxène et amphibole (Cbka 650, Dar Ouazel) : quartz en grains de 10 à 50 μ constituant le bord de le roche, pyroxène incolore, amphibole, plagioclase à contours dentelés atteignant 1 mm, leucoxène.

Parapyroxénite gréseuse (Cbka 804) : Partie A : quartz en greins de 20 à 100 μ, minerai opequs, pyroxène vert pâle, amphibole brune ; pertie B : quertz, emphibole verte, minerai opaque, amphibole brune.

Paraamphibolite à pyroxène et feldspaths (Ti 1520) : dans cette roche, on peut distinguer des parties où domine la calcite et des parties plus riches en amphibole en faisceaux et en gerbes. Ces dernières montrent des plsges de celcite (1 à 6 mm) entourées de hornblende, d'où une sorte de texture celluleuse ; pyroxène, épidote, plagioclase. Il y e enfin des régions ricbes en plegiocleses dont la composition s'approcbe de celle d'un diorite (comme Chka 699).

Cipolin amphiboliqus (Ti 5527, Cbks 480, Chka 627). Celcite, quartz (très peu), ilménite et leucoxène, apstite, bornblende à inclusions de minerai opaque, plagioclase, épidote.

Locelement ce type de rocbe passe à une emphibolite massive (Ti 1528) où des feldspstbs sans macle se présentent en parcelles de formss capricieuses qui s'éteignent en même tsmps.

Cornéenne gréso-calcaire à pyroxène et amphibole, feldspathisée (Chks 629). Rocbe montrant des lits où prédominent tsntôt ls calcite, tsntôt le quertz, psrfois l'amphibole, parfois le pyroxène. Il s'y ajoute de l'ilménite plus ou moins altérée en leucoxène et des plagioclases.

Amphibolite à feuillets de calcite (Ti 2528). Roche finement stretifiée : il y s des coucbes d'amphibole et de minces lits de calcite résiduelle avec en outre du minerei opaque et des plagioclases.

Amphibolite gréseuse feldspathisée (Chka 700). Quartz en individus bien distincts, minerai opaque et hématite rouge, hornblende, épidote, plsgioclases atteignant 6 mm. Cette roche, non stratifiée ni même orientée, a une composition procbe de celle d'un diorite.

Amphibolite atteignant la composition d'un diorite (Cbka 699), à 200 m à l'W de Talet n'Maïne. Roche non stratifiée mais offrant une orientation préférentielle ; ses éléments sont de tailles inégeles mais il n'y a pas deux temps nets. Ilménite et leucoxène formant des files, quartz en petits cristaux, amphibole souvent poecilitique et fréquemment en aiguilles, biotite (peu) altérée, épidote, le plagioclase (en proportion forte) est de l'andésine acide.

Chka 700 bis. Type presque identique su précédent mais la rocbe ne montre aucune orientation. Le minerai opaque est associé à de l'bématite trsnslucide rouge et les plagioclases etteignent 6 mm.

Amphibolite massive (Cbka 494, à 100 m au N de l'oued Agbber, rive gsucbe). Roche non litée : quartz, bornblende, spbène, chlorite, épidote, zoïsite, andésine.

Source : MNHN, Paris

Amphibolite à grenat (Ti 4039), entre les calcaires et un filon de microgranite, quartz, calcite, minerai opaque, hornblende, grenat.

Hornblendite (Ti 1222). Talet n'Maïne, rive droite. Hornblende en prismes de 5 à 6 mm, souvent disposés en gerbes, sphène, plagioclases postérieurs à l'amphibole. Cette roche est accolée à un granite à amphibole.

Skarn à pyroxène et amphibole (Ti 1523). Roche rubanée composée de lits clairs et de lits foncés. *Lits clairs* : calcite dominante, quartz (peu) ; ilménite et leucoxène, tantôt diopside tantôt amphibole verte, plagioclase. *Lits foncés* : amphibole très pléochroïque (vert foncé et jaune verdâtre) se présentant souvent en gerbes, paillettes brunes (cf. biotite), quartz, plagioclases relativement tardifs parce qu'ayant repoussé les files d'amphibole.

Skarn à grenat, pyroxène et ouralite, feldspathisé (Ti 1332). Quartz en individus non roulés (pointes, apophyses), pyroxène jaune pâle, ouralite fortement pléochroïque, minerai opaque, grenat, calcite, épidote, plagioclase.

Skarn à amphibole et grenat (Ti 4039). Entre le calcaire et le microgranite. Calcite, quartz, grenat jaune, hornblende.

Skarn à amphibole et grenat (Ti 3176). Dar Ouazel. Calcite, quartz, grenat incolore, hornblende, épidote (pistachite).

Remarque

Répétons que deux hypothèses ont été formulées en ce qui concerne les minéralisations d'Agadir n'Maïne : l'une les considère comme liées à l'apophyse péribatholitique du même nom (Ch. Bizard, V. Ziegler 1955 ; J. Agard 1973), l'autre (E. Fauvelet 1948) fait intervenir des « ségrégations périphériques de roches basiques » antérieures à la granitisation pour expliquer ces concentrations métalliques.

Pointements minéralisés d'Agadir n'Maïne dans des calcaires fortement recristallisés (saccharoïdes) ou rubanés pouvant passer à des calcschistes. On y rencontre des paraamphibolites avec grenatites, des filons de quartz et des concentrations de feldspaths.

1) *dans les cipolins* :

MT 44 : cipolin bien cristallisé présentant des enduits verdâtres ; microscopiquement, on trouve des cristaux lamellaires d'hématite.

MP 43 : belles lames d'hématite dans une passée calcaire à gros cristaux (fig. 23, pl. 4), microscopiquement l'hématite est le seul minéral représenté.

2) *dans la grenatite* :

MT 50 : on observe au microscope de petits granules de chalcopyrite. L'altération de cette dernière explique la coloration verte des cipolins par formation de malschite.

3) *contact grenatite et cipolin* :

MP 118 : section polie au contact de la grenatite et du cipolin : alors que ce dernier renferme un peu de pyrite très dispersée, en cristaux de petite taille, ainsi qu'un peu d'hématite, la grenatite se montre stérile.

MT 9 : on rencontre en section polie de la pyrrhotite moulant les grains de silicate et s'altérant en « melnicovite ». Elle est généralement associée à la chalcopyrite qui la remplace. Il existe également quelques rares plages de sphalérite.

Il a été signalé dans la recherche d'Agadir n'Maïne une grenatite en relation avec une pegmatite à quartz et mica, bien minéralisée en pyrrhotite et arsénopyrite dans une gangue de quartz.

D'autre part, la lampe de Wood de courte longueur d'onde a révélé la présence sur l'échantillon MP 118 d'un peu de scheelite, mais les matériaux de ce gisement sont trop peu nombreux pour que nous puissions avoir une idée de l'importance de la répartition de ce minerai qui a cependant été signalé par divers auteurs.

Source : MNHN, Paris

La paragenèse de cette mine pourrait être établie comme suit :

scheelite
pyrite
pyrrhotite
arsénopyrite
sphalérite
chalcopyrite → malachite.

Amsioui (1, fig. 51)

Sur la rive droite de l'oued Aghbar (= Nfis), en face de l'intervalle Agadir n'Maïne — Amsioui, au lieu-dit Iri l'Mel et sur les deux rives de Talet Negourzidane, affleure, à 150 m au-dessus du grand oued, un filon de sidérite (avec paillettes d'hématite) : longueur d'environ 400 m, direction N 72° à 83°E, pendage proche de la verticale, puissance de 0,50 m à 4 m (N. Alnikine, rapport 28, p. 23).

Sur la rive gauche de l'oued Aghbar, en aval du hameau d'Amsioui, a été repérée une lentille longue de 12 m, épaisse de 2 à 20 cm, minéralisée en chalcopyrite dans une gangue de quartz (sur le versant E).

Talet n'Ourhguelt

Ce grand ravin, affluent de la rive droite de l'oued Aghbar, descend directement de Timezguida n'Ourhguelt (cote 2 900 m), en face du village d'Amsioui. Il entame des schistes tachetés à biotite, des calcaires à lits noirs assez fortement plissotés et des filons proches d'une syénite.

Chka 81 : granite à amphibole.

Ti 2674 : cornéenne à pyroxène et amphibole.

Remarque : l'allure lenticulaire des affleurements minéralisés ainsi que la présence de « porphyres intermédiaires » recoupant la minéralisation ont incité E. Fauvelet (1948) à relier ce gîte aux dolérites.

Ti 3154 : minerai opaque, amphibole peu colorée, plagioclases dominant et riches en inclusions mais à macles floues, quartz, limonite.

Source : MNHN, Paris

LA BORDURE EST DU MASSIF

Tamayoust

Le grand ravin qui descend de Tizi n'Israquen (altitude 2 400 m) vers l'oued Aghbar (altitude 1 760 m), l'Irhzer n Tamayoust, sépare en gros une région Est essentiellement schisteuse, constituée en partie par du Cambrien moyen (CM), d'une région W, principalement calcaire, constituée surtout par du Cambrien inférieur (CI).

Irhzer Tamayoust procède de trois ravins venant de l'Ouest, lesquels sont, du Sud au Nord : Talaat n'Ifrane, Talet n Bournifskane et Talet n'Ouanour, puis d'un ravin venant du SE, Talet n'Izmarnane. Le gîte de Tamayoust est voisin des quatre ravins mais surtout proche d'Irhzer Tamayoust proprement dit.

Les calcaires sont traversés par un sill de « roche basique ». Le contact est marqué par une minéralisation massive de sphalérite et de galène (N. Alnikine, rapport 30 de 1932, puis rapport 319 de 1940). La coupe levée par E. Fauvelet (1948 p. 3 et 4) est la suivante, des termes inférieurs au termes supérieurs en partant du granite :

1) série calcaire de l'Agbbar-Jarelna : elle contient des points minéralisés en sulfures (sphalérite à Timezguida n'Ourhguelt ou cote 2 900 m) ;

2) schistes et quartzites noirs (environ 100 m) ;

3) série calcaire (cipolins) épaisse d'au moins 300 m et envahie par des filons doléritiques. Elle offre de nombreux points minéralisés ;

4) série schisteuse : schistes, quartzites noirs très durs, roches d'aspect éruptif paraissant être d'anciennes coulées volcaniques ;

5) série calcaire très peu métamorphique avec restes d'organismes ; il s'agit de lentilles calcaires au milieu des schistes avec des faciès intermédiaires (schistes calcareux, grauwackes).

Cette dernière série, dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 m, est recoupée par de petits filons de dolérites et elle « a fourni les lentilles minéralisées les plus intéressantes ».

Dans le détail, nous avons noté en 1938 la coupe suivante dans la « mine du bas du ravin », de l'W vers l'E :

1) schistes couleur gris de fer constituant la rive droite d'Irhzer Tamayoust, se débitant en blocs losangiques ;

2) calcaire sombre (presque noir) à texture schisteuse offrant de nombreuses cassures spathiques ;

3) roche éruptive altérée renfermant localement de la galène ;

4) calcaire à lentilles noires, ou plus exactement corps multiformes de carbonate noir enrobés dans de la calcite blanche et mis en relief par l'érosion.

Source : MNHN, Paris

Fig. 27. — Région de Tamayoust-Izraquen

Pour nous, les cassures spathiques du terme 2 (I, p. 188) indiquent des restes d'Echinodermes. Comme le dit E. Fauvelet, « deux failles NW à rejet important décalent les séries ».

La minéralisation a un caractère lenticulaire. Il s'agit « d'imprégnation interstratifiée dans des bancs calcaires en liaison avec des filons de dolérite ». « Tantôt c'est la galène qui domine, tantôt c'est la blende ». Localement on trouve un peu de pyrite et de chalcopyrite. En plusieurs points, on observe des gangues de calcite, ankérite et quartz ou de sidérite. « Les porphyres subhorizontaux habituels recoupent la minéralisation ».

Affleurement A : à quelques dizaines de mètres du Tizi n'Israquen : quartz minéralisé en galène.

Affleurement B : plus en aval sur Irhzer Tamayoust : mouches de sphalérite.

Affleurement C : lentilles de calcite à veinules de galène.

Affleurements D à G : sur la rive gauche d'Irhzer Tamayoust.

Veine H : rive droite d'Irhzer Tamayoust : galène.

Source : MNHN, Paris

Veine I : plus en bas, galène et sphalérite.

Affleurement J : sur la rive droite de l'oued Aghbar, 20 m au-dessus de son thalweg, calcaire bleu, il y a des veines de calcite à mouche de galène.

La minéralisation se poursuit sur la rive gauche de l'oued Agbbar par trois veines parallèles interstratifiées dans les calcschistes : elle a été suivie sur 400 m ; on la retrouve plus au N, près de la crête séparant l'oued Aghbar de l'Asif n'Mensour (calcite à mouches de galène).

Plaques minces

Calcaire impur (Ti 5789) : calcite dominante, quartz, minerai opaque, limonite, petites écailles brunes.

Calcaire à débris d'Echinodermes (Ti 4076) : calcite dominante, plagioclases poecilitiques englobant des cristaux de calcite, quartz (quelques sections quasi-bexagonales), minerai opaque et altéré en hématite rouge et limonite brune, poussière noire, nombreux débris d'*Echinodermes*. Le minerai opaque et la poussière noire forment des cordons.

La mine de Tamayoust est située dans la partie basse du Talet Nouanour dite « du bas du ravin » dans des formations où alternent le calcaire et les schistes et dont la cristallinité augmente de l'Est vers l'Ouest. Nous disposons d'échantillons désignés Tamayoust et d'autres indiquant qu'ils ont été prélevés dans le puits le plus au Nord.

1) *Puits le plus au Nord*

MP 14 : dans des schistes gris foncé, on observe macroscopiquement un peu de galène. Au microscope, la minéralisation, uniquement constituée par ce sulfure massif mis en place dans les cassures de la roche, se trouve ainsi plaquée le long des zones de fracture, mais on remarque qu'il diffuse dans le schiste, de part et d'autre de ces accidents. Ainsi peut-on observer dans le schiste une fine pulvérisation de galène qui peut éventuellement se concentrer dans des microfissures. Par ailleurs, dans le schiste, la galène suit assez nettement la schistosité encore peu marquée de la roche.

MP 26 : dans ce schiste, la minéralisation comprenant encore de la galène abondante est associée à un peu de sphalérite présentant de nombreuses exsolutions de chalcopyrite. On observe également de la chalcopyrite mais elle est relativement rare.

2) *Tamayoust proprement dit*

— *dans une roche calcaire gris foncé à cassure spathique.*

MT 30 : microscopiquement, la sphalérite abondante contient de nombreux cristaux très fins de pyrite automorphe et de belles exsolutions de chalcopyrite orientées et filiformes. Dans la gangue calcaire, il existe des cristaux automorphes de pyrite de plus grande taille que ceux inclus dans la sphalérite. On trouve également dans la roche carbonatée des baguettes d'hématite.

— Calcaire sombre traversé par un filon d'une roche feldspathique essentiellement minéralisé en pyrrhotite et pyrite

MT 30 (1) : microscopiquement la pyrrhotite est associée à la chalcopyrite. La pyrite semble devoir remplacer ces deux minéraux. Elle forme de belles dendrites dans la gangue carbonatée, comme le montre la fig. 30, pl. 5.

MT 30 (2) : un échantillon massif de galène finement cristallisé montre microscopiquement des cristaux automorphes de pyrite, il semble qu'ils soient en voie de disparition et de remplacement par la pyrrhotite. Celle-ci se présente en petits cristaux souvent inclus indifféremment dans la galène et dans la sphalérite, qui présente des exsolutions de chalcopyrite. Il existe également dans ce minerai des petites touffes d'hématite. La succession proposée serait la suivante :

pyrite
pyrrhotite
chalcopyrite
sphalérite } ou inversement
galène }
hématite.

Source : MNHN, Paris

— *dans les schistes*

MGT 43 : ce schiste est fortement minéralisé en pyrite automorphe incluant des zones à molybdénite.

MT 15 : dans ce schiste de couleur beige chamois, la minéralisation consiste en galène concentrée dans une cassure associée à de la chalcopyrite et à quelques mouches de molybdénite. La chalcopyrite s'altère et donne de la malachite.

— *dans une roche éruptive* (non déterminée et que nous n'avons pas vue) de ce gisement il a été trouvé de la magnétite ainsi qu'un peu de galène.

Notons que la littérature signale l'existence d'arsénopyrite que nous n'avons pas trouvé dans les échantillons examinés.

Conclusions

La minéralisation de cette mine est du type BPGC auquel s'ajoute de la molybdénite. Elle ne constitue pas à proprement parler un réseau filonnien de quartz minéralisé mais les apports colmatent les cassures de la roche. C'est ce qui ressort de l'observation des échantillons proposés. Cette minéralisation a migré à partir des fissures dans les épontes, pratiquement non transformées. Ce phénomène est net en particulier quand la roche encaissante est schisteuse. On remarquera que le minerai le mieux représenté est la galène, et la succession proposée pour cette mine serait :

molybdénite (très rare)
pyrite
pyrrhotite
galène, sphalérite } ou inversement
hématite

Pour E. Fauvelet, la minéralisation, recoupée par des porphyres intermédiaires, se présente en « imprégnations interstratifiées dans les bancs calcaires » et serait en relation avec des filons de dolérite. Si ces mêmes porphyres sont issus des apophyses granitiques, ils peuvent avoir été également les vecteurs d'une partie des minéralisations, d'autant plus que l'on retrouve quelques récurrences de molybdénite, certes rares, dans la mine de Tamayoust.

Tizi n'Israquen

(N. Alnikine, rapport 320 de 1940 ; L. Clariond, 1939 ; E. Fauvelet, 1948, p. 7-9).

Ce gîte est situé à l'E de la bande calcaire de Tizi Issemik-Imchougane, dans une série schisteuse qui passe progressivement du Cambrien inférieur (CI) au Cambrien moyen (CM). Les travaux de recherche ont porté sur la moitié supérieure de la ravine inférieure des trois ravines qui forment Talet n'Ouanour.

Le gîte comporte des bancs calcaires imprégnés de minerai (ce qui a été appelé filon A mais n'est pas un véritable filon) et plusieurs filons transverses qui ont été désignés par des lettres (B, C, E, G, H) de direction N 30°W.

Le pseudo-filon A est une zone large de 0,50 à 1 m, orientée au NE, imprégnée de sidérite oxydée en surface en hématite rouge.

Le filon B, discontinu, est connu sur une longueur de 1,5 km. Le filon C a 500 m de long. Tous deux, situés sur la rive gauche de Talet n'Ifrane, ont une puissance de 0,30 à 0,50 m et une minéralisation en nids, lentilles et mouches de cuivre gris et de chalcopyrite noyés dans la sidérite, laquelle est très oxydée en surface. Le minerai est légèrement aurifère et argentifère.

Plaques minces

Amphibolite à lits quartzo-feldspathiques (Chka 375) : roche litée ; A, *lits verts* : amphibole, sphène, biotite ; B, *lits blancs* : quartz, orthose, plagioclase, mica, ilménite et leucoxène.

Microgranite à biotite, pauvre en quartz (Ti 6246) : roche à 2 temps : 1) plagioclases bien formés ; 2) mésostase : minerai opaque, quartz cantonné dans le 2e temps et en proportion plutôt faible, biotite avec inclusions de minerai opaque, chlorite née aux dépens de la biotite, orthose, plagioclase dominant.

Source : MNHN, Paris

On rencontre, dans une bande de sidérite, une minéralisation où domine le cuivre gris (tétraédrite) recoupé par des filonnets de chalcopyrite. L'observation d'une série de sections polies (MT 24, MGT 71, MT 8, Ti 1388, MT 82) effectuées dans le minerai massif fait apparaître les faits suivants :

— la bornite en petite quantité est remplacée par la chalcopyrite ; cette dernière forme des flammèches dans la bornite suivant des directions préférentielles. On en trouvera un exemple dans la fig. 29, pl. 5 qui montre une petite plage de bornite cernée par de la chalcopyrite et partiellement remplacée par elle. On remarquera également que la bornite présente une altération centripète. La covellite est donc plus abondante sur le pourtour des plages de bornite ;

— la bornite et la chalcopyrite sont postérieures à la tétraédrite car celle-ci est traversée par de nombreuses veinules de ces deux minéraux ;

— l'arsénopyrite se présente en beaux cristaux automorphes, parfois zonés mais toujours de petite taille. Elle se localise généralement sur le pourtour des plages de cuivre gris (fig. 28, pl. 5) ou forme des veinules. Ce minéral fait partie des derniers stades de minéralisation et expliquerait la teneur en or (quelques grammes/tonne) observée pour ce minerai ;

— signalons enfin que de la pyrite en cristaux à contours très arrondis a été trouvée dans les plages de tétraédrite.

Au point de vue de la succession des différents minéraux dans cette paragenèse, nous proposons dans un premier temps :

pyrite
tétraédrite
bornite
chalcopyrite

puis dans une deuxième période : arsénopyrite.

Il est difficile de préciser l'âge du dépôt de la minéralisation à gangue de sidérite qui constitue le remplissage d'une fracture post-granitique de direction N 60°W, d'autant plus que la succession s'est effectuée en deux temps avec prédominance successive des sulfures de cuivre (tétraédrite, bornite, chalcopyrite) puis des sulfures de fer avec arsénopyrite sans doute aurifère.

Rappelons qu'au N d'Afettas (cote 3 080 m), les micaschistes et les calcaires métamorphiques sont coupés par des filonnets de quartz que l'on suit de façon discontinue sur plus de 2 km de longueur. On les retrouve également au NE d'Afettas et, partout, ils ont donné à N. Alnikine de l'arsénopyrite aurifère.

D'autre part on a signalé qu'au Timezguida n'Ourhguelt, la crête calcaire qui culmine à 2 900 m est minéralisée par endroits en galène, sphalérite et, sur le flanc Est, en arsénopyrite.

De même les recherches d'Agourzi et de Kouilal présentent dans la même région de l'arsénopyrite (avec or natif exprimé).

Région d'Alebdi (des Aït-Oualebdi).

N. Alnikine (rapport 33, p. 4, puis rapport 159) a repéré des veines et lentilles minéralisées depuis l'Azib Sidi Saïd ou Bihi jusqu'au Tizi n'Israquen. De plus, au-dessus de Tizi n'Beid et de l'Azib d'Oukilal, il a reconnu (rapport 264 de 1939) un affleurement de grenatite de près d'1 km, entre Amguerd n'Türar et Amguerd n'Ougourzi. Enfin, il a distingué plusieurs groupes de gisements de valeur très inégale et rédigé sur eux de nombreux rapports, entre autres : pour Alebdi, rapports 159, 257, 322, 324 ; pour Oukilal, rapport 226 et note de 1939.

Alebdi

La crête de la croupe d'Alebdi (I, p. 281), qui a une direction grossièrement E-W, passe au NW par un col coté 2 668 et au SE par un col coté 2 582. Les travaux s'étendent depuis Talet n'Tuna (au SW) jusqu'au Talat n'Agourzi (au NE). Il faut distinguer : 1) les affleurements barytiques et quartzeux ; 2) les affleurements ferrugineux.

Source : MNHN, Paris

Affleurements barytiques et quartzeux d'Alebdi même : ils s'étendent de part et d'autre de la crête de la croupe d'Alebdi. L'affleurement A s'étend sur le versant Sud, d'une manière discontinue, depuis la cote 2 250 jusqu'au voisinage du col coté 2 668, puis sur le versant Nord, depuis ce col, sur environ 660 m, jusqu'à la cote 2 330 en suivant la rive droite de Talet n'Iskarnan, ravin boisé. Sa direction varie et la courbe qu'il dessine tourne sa convexité vers l'Ouest. La gangue barytique et quartzeuse, sur le versant Sud, devient très chargée de calcite sur le versant Nord. La minéralisation se présente sous forme de mouches de galène.

La veine B, barytique et interstratifiée, est située à l'W de la précédente mais n'a pas été étudiée car il faudrait franchir des abrupts trop dangereux.

La veine C, située sur le versant Sud, passe aux cotes 2 360 et 2 416 ; elle n'est pas interstratifiée. Sa direction N 47° à 50° W (avec un pendage de 65° à 70° au NE) fait un angle de 60° avec la stratification : c'est celle des diaclases des calcaires. Sa puissance varie de 20 cm à 1,50 m. Le minerai comprend des mouches de galène et de sphalérite avec de la magnétite et une gangue quartzeuse.

La veine D, barytique, suit la direction des strates. Elle offre une faible minéralisation en galène.

La veine E, barytique, apparaît sur le versant Nord. Elle passe par les cotes 2 533, 2 482, 2 293.

Affleurements voisins

Dans le ravin d'*Ichouariine* (E d'Oukilal), N. Alnikine (rapport 259, p. 12) a reconnu un calcaire qui est le siège d'un minerai complexe constitué de löllingite très aurifère, cobaltifère et nickélifère.

Sur la rive droite de *Irhzer Jarelna*, N. Alnikine a repéré plusieurs gîtes étiquetés I, J, K, L, M, le premier situé entre une cote 1 850 (au N) et une cote 2 035 (au S), le dernier compris entre le grand ravin et un col coté 2 190 m.

I est un affleurement barytique long de 150 m, comportant des lentilles de sphalérite atteignant 1,50 m de longueur et 15 cm d'épaisseur.

J est une autre lentille barytique, longue de 20 m, renfermant des mouches de spbalérite (cote 2 224).

M est un affleurement lenticulaire à gangue barytique minéralisé en sphalérite et galène.

Près de l'*Azib Sidi Saïd ou Bihi*, entre les deux branches principales du ravin de même nom, jusqu'au sommet même de l'Ifillilis (cote 2 850), il existe des lentilles et des veinules parallèles, interstratifiées dans les calcaires et les calcschistes, minéralisées en galène, sphalérite et pyrite.

Enfin, il y a un affleurement barytique et quartzeux au SE de Ras Agourzi, sur la rive gauche de *chabet Oukilal*, étiqueté N dans le rapport de N. Alnikine (p. 16). Il est interstratifié dans les calcaires et a été suivi sur 200 m environ. Sa puissance varie de 0,20 à 1,80 m. Minéralisation en galène (surtout près de la cote 2 250) avec gangue de quartz et de calcite.

N. Alnikine notait en 1940 qu'il y a beaucoup d'analogies entre le gisement d'Alebdi et la plupart de ceux connus dans le Haut-Atlas (Goundafa, Erdouz, Asif et Melh). Celui d'Alebdi semble être un des plus réguliers (en particulier les filons A et B) et avoir les panneaux minéralisés les plus étendus.

Le minerai mixte, plombo-zincifère, s'est révélé riche en argent (maximum de 14,852 kg à la tonne).

Affleurement ferrugineux d'Alebdi : cet affleurement filonien part entre les deux bautes branches d'Irhzer Jarelna (dans les abrupts calcaires de la crête de l'Ifillilis), s'étend au S des affleurements barytiques d'Alebdi et dépasse Irbzer Oukilal en aval de la jonction de ses deux branches principales, mais en amont du village de Tizirt : direction sensiblement E-W, pendage de 75° au N, puissance de 1 à 4 m (localement elle atteint 10 m) ; minéralisation de sidérite, limonite jaune avec nids d'hématite et de dolomie.

Plaques minces

Nous n'avons que très peu d'échantillons provenant d'Alebdi et nous les avons pris dans les réserves de la maison de la Mine de Tigourzatine.

Micagrès à 2 micas (Ti 6009) : quartz d'origine détritique constituant le fond de la roche, minerai opaque, biotite abondante en paillettes de 100 à 300 μ, muscovite atteignant 0,5 mm, chlorite, feldspaths de néoformation ssns macles.

En section polie, un filonnet de minerai montre de la sphalérite ainsi qu'un peu de goethite.

Source : MNHN, Paris

Filon quartzo-feldspathique (Ti 6003) : roche à grain très irrégulier ; quartz dominant en cristaux de 0,5 mm en moyenne, renfermant des files d'inclusions, minerai opaque, apatite, orthose-perthite, plagioclase à macles floues se présentant en petits cristaux (de 30 à 100 μ) (qui équivalent probablement à des facules d'albite), chlorite.

MGT 72 = MT 57 : minéralisation massive de sphalérite recoupée par des filonnets de calcite. Microscopiquement, on voit que la galène est en voie de remplacement par la sphalérite qui renferme des cristaux de pyrite automorphe et de nombreuses exsolutions de chalcopyrite. La succession de cette section serait la suivante :

pyrite
galène
sphalérite
chalcopyrite.

Il existe également de l'hématite, sans doute secondaire, et un peu de sidérite.

Agourzi — Oukilal

Des circonstances malheureuses nous ont empêchés d'étudier ces mines (1, p. 28-29). Heureusement on dispose d'un rapport d'exploration (n° 33, 1932), puis d'un rapport plus détaillé dus à N. Alnikine (n° 159 de 1937 ; n° 257 de 1938 et n° 327 de 1944), enfin d'un excellent rapport de E. Fauvelet dont nous reproduisons la carte (août 1948) : nous allons donc résumer les résultats qui nous paraissent les plus certains.

Les calcaires et les schistes de la bordure Est du massif ont été plissés en anticlinaux et synclinaux aigus et serrés, souvent déversés et faillés, presque toujours disharmoniques. Les replis secondaires peuvent s'accumuler dans certaines zones épaisses de plusieurs dizaines de mètres.

Une *venue* « *doléritique* » a produit des sills et quelques dykes à pendage fort. Ces dykes atteignent 50 m d'épaisseur dans la zone d'Agourzi et 100 m dans celle d'Oukilal, où ils sont métamorphisés par l'apophyse granitique.

Des porphyres intermédiaires, en filons de 1 à 3 m d'épaisseur, composent un système géométriquement homogène qui apparaît comme un ensemble de rubans étagés se détachant en clair sur le fond plus sombre des terrains encaissants dont les strates sont verticales ou très redressées. Ces porphyres peuvent s'étiqueter microgranite, microgranodiorite, microdiorite quartzifère. Leur pendage moyen ne dépasse guère 10° et ils recoupent les « dolérites ».

Les porphyres sont recoupés par les *apophyses granitiques* de la rive droite de l'oued Aghbar, en particulier par l'apophyse supérieure des Maouas (1, p. 15) qui se prolonge jusqu'au voisinage d'Oukilal. La manifestation terminale des roches granitiques consiste en veines et filons d'aplite ou de pegmatite à muscovite.

Des *roches basiques*, dont certaines méritent le nom de lamprophyres, recoupent aussi les porphyres intermédiaires. Elles sont vraisemblablement postérieures aux apophyses granitiques mais peut-être contemporaines des aplites. Dans ce dernier cas, il y aurait eu différenciation d'un magma, conformément à un schéma théorique qui fut longtemps classique, mais cette question reste à étudier.

Survint enfin la tectonique post-granitique qui est essentiellement cassante (H. T. et G. T. 1964). E. Fauvelet distingue : 1) des failles orientées N 50° à N 60°W avec un pendage de 60 à 70° au NE, qui recoupent les apophyses granitiques ; elles ont parfois un remplissage de carbonates ferrugineux (ankérite, sidérite) et, au Tizi n'Israquen, contiennent tétraédrite (avec inclusions d'argent rouge) et chalcopyrite ; 2e des failles N 40 à 50°E (par exemple entre Tizirt et Tamsouk) qui recoupent souvent les failles NW.

Ces gisements de haute altitude sont compris entre le J. Agourzi (2 715 m) et Timezguida n'Ourhguelt (2 900 m), au S de la crête qui s'étend entre ces deux sommets et au N de la grande faille d'Oukilal, de direction NE.

La *zone d'Agourzi* est le plus à l'W, entre Talet Agourzi (à l'W) et Amguerd Oukilal (à l'E). Elle comprend un complexe à biotite (CB), à savoir des micaschistes, surtout au N, des calcaires peu méta-

Source : MNHN, Paris

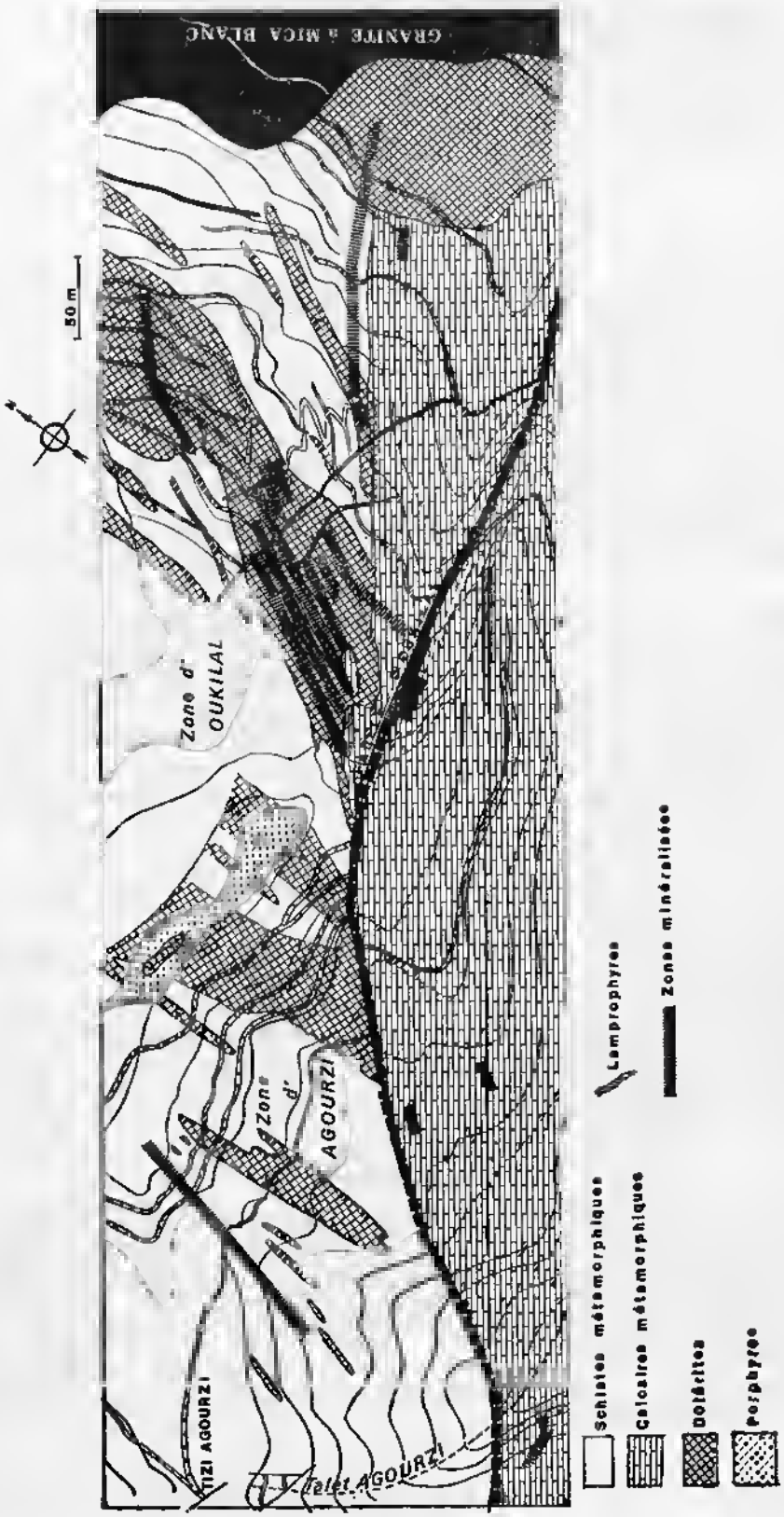


FIG. 28. — Carte schématique des zones d'Agourzi et d'Oukilal (d'après E. Fauvelet).

Source : MNHN, Paris

morphiques (au S), de la « dolérite » en sills dirigés au Nord magnétique et des « porphyres intermédiaires » orientés surtout au NW, et qui recoupent les termes précédents. Les travaux y sont numérotés de 1 à 20. Sur la rive droite de Talet Agourzi, il y a les travaux 21, 22 et 23.

Galerie 16 d'Agourzi : elle entre dans les calcaires puis traverse une couche rouge. Minéralisation en chalcopyrite, sphalérite, sidérite et baryte.

Il y a un filon de roche éruptive visible sur le chemin au-dessous de la galerie nº 16.

Plaque mince

Grès grossier d'Ougourzi (Ti 6460) : quartz en grains de 400 µ à 2,5 mm, minerai opaque (depuis des grains de 150 µ jusqu'à de petites masses de 4 mm). Les joints entre les quartz sont soulignés par une substance brune isotrope.

La *zone d'Oukilal* (Kouilal) est située plus à l'Est. Les terrains comprennent du complexe à biotite (surtout au N), des calcaires peu métamorphiques, des « dolérites » affleurant plus largement que dans la zone d'Agourzi, des porphyres intermédiaires qui recoupent les trois termes précédents, une grosse apophyse granitique (dans la partie Est), qui recoupe les porphyres intermédiaires, enfin des roches lamprophyriques (direction NNW), également postérieures aux porphyres intermédiaires. La grande faille d'Oukilal coupe l'apophyse granitique et les filons qui en émanent, ainsi que, bien entendu, toutes les roches antérieures au granite. Les travaux exécutés sur cette zone sont numérotés de 1 à 59.

Minéralisation. — Les zones minéralisées se trouvent principalement à l'E de Tizi Agourzi, au N de la grande faille d'Oukilal, un peu dans les calcaires et les schistes métamorphiques mais surtout dans les « dolérites » (E. Fauvelet : croquis géologique que nous reproduisons) : « La minéralisation sulfurée comprend par ordre de fréquence pyrite et pyrrhotine, mispickel, chalcopyrite, blende, galène ». Les sulfures ont dans le détail trois modes de gisement : 1) disséminés à faible teneur dans les dolérites ; 2) contenus dans des filons de quartz blanc épais de 0,20 à 0,40 m ; 3) contenus dans des accumulations quartzeuses placées soit à la périphérie de la dolérite, soit au contact dolérite-calcaire. On retrouve un peu de minerai dans les calcaires, au S de la faille d'Oukilal, sur la rive droite de Talet Agourzi. Toute cette minéralisation est recoupée par les porphyres intermédiaires.

Sur le carreau, le minerai est surtout constitué par de l'arsénopyrite aurifère à gangue de quartz, avec un peu de pyrite.

Dans les blocs qui sont restés longtemps à l'humidité, l'arsénopyrite forme un boxwork à mailles rectangulaires assez grosses.

Galerie 30 d'Oukilal : elle s'ouvre dans du calcaire ferrugineux rouge. Sa paroi droite est constituée par du calcaire parfois bicolore, sa paroi gauche par des bancs de calcaires et des lits de schistes plissotés. Le minerai tout venant comprend : sphalérite, chalcopyrite, bornite [1] et sidérite. En plusieurs endroits on observe une brèche d'éléments rouges et verts à ciment de quartz, avec de la galène.

Plaques minces

Micagrès à 2 micas (Ti 6009) : quartz d'origine détritique constituant le fond de la roche, minerai opaque, biotite abondante en paillettes de 100 à 300 µ, muscovite (0,5 mm), chlorite, feldspaths de néoformation (peu).

Diorite à tendance doléritique (Ti 6054) : texture presque doléritique à plagioclase (andésine) en lattes orientées en tous sens (lamelles bémitropes fines), hornblende, ilménite en grilles et leucoxène. De ci, de là, feldspaths de grande taille appartenant à un premier temps (nous n'avons pas vu de pyroxène).

Diorite (Ti 6054 bis) : deux temps peu marqués : 1) andésine à 40 % An (6 à 7 mm) ; 2) cristaux d'andésine de 500 µ à 1,5 mm, amphibole vert sale peu pléochroïque, apatite, ilménite et leucoxène, chlorite (allongement positif), provenant de l'amphibole.

1. Il semble y avoir de la bornite Cu_3S (Fe, Cu) S et des solutions solides de bornite et le chalcopyrite Cu_2S solutions de teinte violacée.

Source : MNHN, Paris

Minerai (Ti 6369) : quartz en individus de 50 à 250 µ, calcite, minerai opaque en proportion importante passant à de l'hématite rouge, cf. leucoxène, cf. grenat, cf. silice due à la précipitation d'un gel. En section polie, on observe des nodules de goethite limités par l'hématite. Il existe également de rares plages de chalcopyrite et de sphalérite.

Minerai (Ti 6155) : cet échantillon comprend une minéralisation à sphalérite abondante avec galène et chalcopyrite dans une gangue de quartz et calcite rare.

(Ti 6399) : minerai opaque dominant, quartz, calcite.

Chantier 33 d'Oukilal : c'est une galerie qui débute sur le contact des schistes (paroi droite) et d'une roche éruptive verte (paroi gauche) accolée à une felsite. Les deux parois ont quelque peu joué l'une par rapport à l'autre. Dans les déblais, hématite et barytine.

Venue quartzo-feldspathique (Ti 6003 A) : quartz dominant en grandes plages (0,5 mm) avec files d'inclusions, minerai opaque, apatite, plagioclase à macles floues, orthose-perthite, chlorite.

Galerie 44 d'Oukilal : établie dans les calcaires, elle suit un minerai très rubané. Dans les schistes adjacents, on peut voir des filonnets de quartz avec chalcopyrite.

Plaques minces

Diorite doléritique (Ti 6353) : structure intersertale ; andésine en lattes orientées tous azimuths, hornblende, amphibole brune, apatite, minerai opaque, sphène, quartz (peu). (Nous n'avons pas vu de pyroxène).

Amphibolite (Ti 6273) : amphibole à grain très fin (5 à 50 µ).

Micaschiste à amphibole (Ti 6273 bis) : biotite en petites écailles de 10 à 20 µ, amphibole en faisceaux serrés ; c'est un faciès très spécial.

Leptynolite (Ti 6359 dans Asif Oukilal) : quartz en grains de 30 à 100 µ, minerai opaque, biotite avec des auréoles pléochroïques et englobant aussi du minerai opaque, muscovite, fines aiguilles de cf. rutile, orthose poecilitique. Cette roche est un micagrès à 2 micas feldspathisé.

Roche amphibolique (Ti 6161) : roche hétérogène paraissant cloisonnée : quartz, minerai opaque, hornblende poecilitique ou même incomplètement formée, plages et filonnets de calcite.

Surfaces polies d'Agourzi et d'Oukilal

Nous ne connaissons pas la nature de la roche encaissante de l'échantillon massif d'arsénopyrite MT 76. L'étude microscopique montre que le minéral se présente en très beaux cristaux automorphes parfois à bords arrondis et qu'il est associé à de la pyrrhotite en voie d'altération offrant souvent des figures « bird's eye structure ». La fig. 24, pl. 4 en donne un bon exemple : une plage de pyrrhotite (grise) incluant un cristal à bords émoussés d'arsénopyrite automorphe non visible sur le cliché s'altère en marcasite (grise piquetée) et possède un remplissage ultérieur en pyrite (filonnets possédant un piquetage moindre).

Il n'est pas rare de constater que la pyrrhotite entoure l'arsénopyrite ou assure le remplissage des fines fractures qui peuvent exister dans celui-ci. Elle lui est donc postérieure.

Plus tardive encore est la chalcopyrite. Il est intéressant de signaler que l'on a trouvé dans l'arsénopyrite de petits granules d'or natif au contact de plages de pyrrhotite incluse dans l'arsénopyrite (fig. 25, pl. 4) ou jouxtant des plages de chalcopyrite (fig. 26, pl. 4). Il reste à signaler que c'est principalement dans ou près des cristaux fracturés d'arsénopyrite que l'on rencontre l'or natif, ce qui permet de penser qu'il est aurifère et que l'or ne s'exprime que dans des conditions particulières.

Si l'on doit proposer une succession pour ces recherches, nous pouvons établir la liste suivante :

arsénopyrite
pyrrhotite
chalcopyrite
or natif
marcasite
pyrite

Source : MNHN, Paris

Remarque : dans son rapport de 1948, E. Fauvelet invoque l'existence d'un « grand massif de roches basiques » qui seraient des diabases (p. 9, 15, 17) et d'où partiraient des filons de dolérite. Nous n'avons pas constaté l'existence d'un tel massif mais seulement celle de vraies dolérites en filons, d'autre part celle de diorites à texture intersertale et enfin, dans le complexe à amphibole (CA), celle d'orthoamphibolites provenant d'andésites ou de tufs andésitiques (Oufifen, Amsioui), analogues à ceux de Bou Oufounas et de Tizi Oufra (I, p. 36) mais plus fortement métamorphisés. Remarquons d'ailleurs que s'il existait un grand massif de roches basiques, sa partie centrale comporterait vraisemblablement du gabbro, des spilites ou des ophiolites, voire des variétés de péridotites : or nous n'avons rien constaté de semblable. Certes il y a des gabbros dans le massif mais ils sont presque toujours liés au diorite et même *subordonnés à lui* (I, p. 94, 104, etc.) En tout cas, nous sommes d'accord avec E. Fauvelet pour assigner aux dolérites du massif un âge antérieur à ceux des granites du Tichka : en effet au S de Tagoudacht l'une d'elles a été datée de 395 M.A. en 1972.

Nous regrettons beaucoup de ne pas avoir visité les mines d'Agourzi-Oukilal et de n'avoir eu que très peu de roches provenant de leurs chantiers, en particulier pas de dolérites s.s. Notre échantillon Ti 6353 (galerie 44) n'appartient pas à la famille gabbro-basalte car son feldspath n'est pas du labrador et il ne contient pas de pyroxène ; on peut en dire autant de l'échantillon Ti 6054 (galerie 30).

Mais tous deux ont une structure intersertale. Si ces roches doléritiques appartiennent à la famille du diorite, on peut se demander quel est leur rapport avec les venues andésitiques qui se présentent autrement mais qui sont très fréquentes dans le massif et qui vraisemblablement ne sont pas toutes du même âge.

Dans son rapport, E. Fauvelet (p. 10) note à propos d'une diabase ancienne : « la roche ne montre qu'un seul temps de cristallisation. Des plagioclases en grandes baguettes bien formées, relativement clairs, à clivages bien apparents, forment les 3/5 de la roche. Dans les interstices des feldspaths se trouvent des plages brunes de biotite secondaire dérivant de l'élément ferromagnésien altéré ». La biotite résulte probablement du métamorphisme dû aux apophyses granitiques.

Il reste donc à étudier plus profondément la nature et le mode de gisement des roches basiques de la région Agourzi-Oukilal.

Lieux voisins du groupe Alebdi-Agourzi-Oukilal Taourart

Le Jebel Taourart est la crête située au S du J. Agourzi, qui est presque perpendiculaire à la direction N 10°E de ses couches ; lesquelles sont des schistes (à biotite et andalousite) alternant avec des calcaires à lits durs, rigoureusement verticaux.

N. Alnikine (rapport 96, p. 59 ; rapport 264, p. 4) signale dans ce lieu-dit une lentille constituée de grenats et de quartz minéralisée sur environ 30 m de long et 8 m d'épaisseur, dans laquelle sont noyées de nombreuses mouches de molybdénite. N. Alnikine a également reconnu des veines minéralisées à Tarouakht (Alebdi-Sud) ainsi que plus en amont, dans la partie supérieure de Irhzer Jarelna (galène, pyrite et arsénopyrite) et au lieu-dit Toum Chif.

Plaque mince

Diorite quartzifère et micacé d'Iguê n'Taourart (Ti 5712) : apatite, ilménite et leucoxène, plagioclase (cf. andésine), hornblende et biotite avec inclusions de minerai opaque, quartz. Cette roche est foliée et, par endroits, ressemble à un gneiss gris (intermédiaire d'un gneiss granitique clair et d'un gneiss sombre riche en biotite).

Section polie d'un échantillon de minerai (Ti 6164) de Taourart : cet échantillon représente la coupe d'un filonnet minéralisé comprenant, des épontes au centre, les associations suivantes : goethite et hématite conservant des reliquats de sphalérite (avec exsolution de chalcopyrite) et de galène, puis un filonnet bien différencié de galène à laquelle est associé du cuivre gris (tétraédrite), ensuite du quartz avec sphalérite, galène, chalcopyrite en petites plages disséminées, auquel succède de la sphalérite contenant de la galène et de la chalcopyrite (soit en plages soit en tant qu'exsolutions). Le remplissage filonien se termine par du quartz géodique. Cet exemple montre les récurrences successives de ces différents minéraux.

Source : MNHN, Paris

Au tiers inférieur de la hauteur des gorges de l'oued Agouni, on voit affleurer un grès limonitique dont la couleur varie du rouge au brun rouille.

Minéralisation de galène, limonite rouge et bleutée avec gangue de baryte. La limonite est parcourue par un réseau de veines de quartz.

Il faut signaler un gîte analogue à Timgoudrar sur la rive droite de l'oued Agouni.

La crête du Taourart est constituée par des calcaires à lits durs (que l'érosion a mis en relief), des schistes et des cornéennes en couches verticales de direction N 10°E.

Plaques minces

Cipolin amphibolique, gréseux et feldspathisé de Taourart (Ti 6455) : calcite dominante, quartz (assez peu), apatite, minerai opaque, amphibole fibreuse à pléocbroïsme modéré, plagioclases de néoformation très altérés, épidote, chlorite.

Cornéenne à biotite, sillimanite et cordiérite de Taourart (Ti 3089) : quartz, minerai opaque, biotite, sillimanite, cordiérite. La cordiérite est typique : polarisant de gris à blanc, offrant des macles répétées, poecilitique (renfermant des enclaves de minerai opaque et de quartz). Elle se présente en plages relativement grandes entourées par les autres minéraux que la sillimanite agglomère en cordons. Cette roche se trouve au contact d'un granite gneissique.

Tirhilt n Tachoucht (Chantier 42)

Au point où le chemin de la mine d'Alebdi quitte l'Asif Agouni pour grimper en lacets, il existe un filon de microgranite orienté N 20°E, rigoureusement vertical et concordant avec les schistes. Il est accompagné par de la baryte englobant des fragments de schistes.

Plaques minces

Microgranite à pâte felsitique (Ti 6097) : roche à 2 temps bien distincts : I) Phénocristaux de quartz clairsemés et corrodés ne dépassant pas 4 mm ; II) pâte irrésoluble à la loupe ; c'est un fond quartzo-feldspathique où les éléments ont par endroits de 5 à 30 μ, mais on trouve des tailles intermédiaires, par exemple quartz de 250 μ et feldspatb de 100 μ, muscovite et biotite de 50 à 200 μ, minerai opaque, et surtout des spbérolites (de 350 à 450 μ). Les uns sont complets, c'est-à-dire offrant des cristaux radiaires sur 360°, les autres sont incomplets et, en sections, se réduisent à deux faisceaux de 6bre opposés par le sommet.

Tigourzatine

Microgranodiorite (Ti 6270) : cbemin qui monte à la maison minière construite sur Amguerd Tigourzatine, col séparant l'énorme masse calcaire de Taourart (au NW) de la masse calcaire plus petite de Tigourzatine (au SE), laquelle domine le village de Tizirt.

Felsite (Ti 6097) : roche constituée par un fond quartzeux feldspathique où les éléments ont en général de 5 à 30 μ, avec quelques paillettes de mica blanc. Exceptionnellement un individu de quartz atteint 250 μ et un feldspath, 100 μ.

Micaschiste à amphibole (Ti 6273 bis) : faciès très spécial ; fond granuleux de blanc sale à jaunâtre ; petites écailles de biotite (10 à 20 μ), amphibole en éventails.

Amphibolite (Ti 6273).

Tizi n'Zaïkor

MP 120 (flanc Nord) : dans des gneiss, un 6lon de quartz est minéralisé en molybdénite suivant la schistosité apparente de la roche. Cette minéralisation paraît plus abondante dans les parties feldspatbiques du gneiss que dans les autres.

Tizi n'Oumenar

MP 133 : dans une rocbe calcaire noire on observe, surtout en surface, de belles lames d'hématite. La section polie montre que la rocbe est sillonnée de petits 6lons remplis d'bématite seule.

Source : MNHN, Paris

Jarelna-Toumchif

(N. Alnikine, rapport 159 de 1937, p. 21 ; rapport 322 de 1940, p. 85-91 ; E. Fauvelet 1948, p. 1 et 2).

Huit travaux ont été exécutés entre la ligne de crête de Jarelna (dirigée de la cote 3 041 vers Tamsoult) et le grand ravin qui la sépare d'Alebdi. On est dans les calcaires métamorphiques (cipolins, calcaires silicifiés à sulfures). Les calcaires ont subi une tectonique antérieure à la mise en place des porphyres intermédiaires. La minéralisation se présente en filons-couches et en imprégnations. Elle comprend, par ordre d'importance : sphalérite, galène, pyrite, arsénopyrite, traces de chalcopyrite, dans une gangue de quartz et de calcite. E. Fauvelet signale sa liaison avec une diabase (grattage J 8). Il y a aussi des lentilles barytiques à mouches de sphalérite. La minéralisation est recoupée par les porphyres intermédiaires.

Les échantillons proposés pour ce gisement sont très riches en molybdénite.

MP 34, 37, 38 : ces sections polies sont constituées de molybdénite finement cristallisée dont la fig. 27, pl. 5. donne un bon exemple.

D'autres échantillons montrent ce sulfure de molybdène encore abondant associé à divers autres sulfures : pyrrhotite, sphalérite, galène, chalcopyrite. On remarque que la pyrrhotite se trouve en général au contact de la sphalérite. Cette dernière peut contenir de nombreuses exsolutions de chalcopyrite. L'ordre de succession pourrait être le suivant :

molybdénite
pyrrhotite
sphalérite
galène
chalcopyrite

Dans les grenatites de ce gisement, la molybdénite reste assez rare. Elle existe cependant dans les sections MP 125 et 112.

Enfin, entre Jarelna et Alebdi, N. Alnikine (rapport 259, p. 14) a reconnu « une formation de minerai complexe à löllingite-pyrite-arsénopyrite-galène-blende, le tout assez argentifère et un peu aurifère ». Elle se rapproche beaucoup de celles d'Ichouarine et d'Aougalt.

Agouns-Ouasif (= Tiguè em Guemt)

Ce gisement appartient à la limite du bled Ida ou Msattog mais nous le mentionnons ici car il fait partie de la bordure Est du massif. Ce cours d'eau résulte de la jonction du ravin situé entre le J. Amenar (cote 2 988 m) et de J. Afettas (cote 3 080 m) et du ravin situé entre le J. Afettas et le J. Jarelna (cote 3 041 m). Il traverse une couche de skarns à grenat rose et diopside vert enclavé dans le granite. Des grattages ont été faits de part et d'autre de l'oued. Nous y avons prélevé (Chka 303) une cornéenne quartzeuse à diopside, feldspathisée.

(Au microscope : quartz abondant, diopside en partie transformé en ouralite, plagioclases rongés par la damourite, minerai).

Arsénopyrite aurifère de l' « Ifillilis »
(N. Alnikine, rapports n° 34, 95 et 259)

Cette appellation n'est plus valable : en 1932, pour les prospecteurs, le nom d'Ifillilis s'appliquait à toute la crête comprise entre Taourirt n'Melloulène (au SW) et Timezguida n'Ourhguelt (cote 2 900 m, au NE). Pour être plus précis, le gîte considéré comprend une zone I, située à 250 m au SW du sommet du J. Agourzi (cote 2 715 mais donnée pour 2 960 sur le rapport 34 de N. Alnikine), entre les deux branches hautes de Talet Alebdi, et une zone II, située à 150 m à l'E du même sommet, entre les deux branches hautes de Chabet Oukilal. Cet ensemble se trouve donc au S du J. Anamrou et à l'E du Talet n'Zaïkor.

La zone I comprend des calcaires métamorphiques parfois à grenats, très durs, en bancs presque

Source : MNHN, Paris

verticaux formant un abrupt difficile à escalader, des calcschistes et des micaschistes (directions de N-S à N 38°E, pendage de 80° vers le SE). Minéralisation d'arsénopyrite et de pyrite avec une gangue quartzeuse abondante. L'oxydation de l'arsénopyrite, de la pyrite et des grenats a communiqué à presque toute la zone minéralisée (longue de 350 m sur une largeur de 30 à 40 m) une couleur jaunâtre rouillée.

La zone II, plus minéralisée que la zone I, à 350 m de long sur 35 m d'épaisseur, aussi y a-t-on fait plus de travaux. Les filonnets et lentilles ont de 10 cm à plus d'1 m de puissance. Même direction et même pendage. La paragenèse est également la même avec, en plus, des mouches de chalcopyrite.

La moyenne de 13 analyses chimiques relatives aux deux zones a donné :
Au : 13,73 gr/t ; Ni : 0,98 % ; Cu : 0,26 % ;
pour Ag : moyenne de 9 analyses : 6,55 gr/t
Le gîte ne présente donc d'intérêt qu'en raison de l'or qu'il renferme.

La zone III est située à 800 m à l'E de la zone II, dans le ravin d'Ichouariine.

La zone IV est encore plus à l'Est : affleurement d'Aougalt qui comprend deux bancs de calcaires, sensiblement N-S. Le plus à l'E a plusieurs kilomètres de long. Minéralisation à nids et lentilles d'arsénopyrite et de pyrite.

Zone Ouest : Alnikine (rapport 259 de 1938, p. 8) signale « une zone immense minéralisée en arsénopyrite et en pyrite », zone qui semble être le prolongement de la zone vers le SW. Elle n'a pas été explorée.

Conclusions sur les parties N et NE du massif

Les nombreux travaux géologiques entrepris dans cette région, que ce soit en vue de la prospection de l'uranium (Ch. Bizard et V. Ziegler, 1951), du groupe Zn, Pb, Cu, Mo, W (E. Fauvelet 1948 ; N. Alnikine *passim*), ou de fixer le cadre stratigraphique, tectonique et pétrographique (H. Termier et G. Termier 1933, 1938, 1946, 1947, 1962), ont donné lieu à des synthèses qui ont cherché à concilier les observations de terrain avec l'âge de la mise en place des minéralisations. La complexité pétrographique du contexte géologique de cette zone N et NE est due au fait que la mise en place du massif du Tichka ne représente qu'une étape dans l'évolution et la transformation des roches déjà en place, qui se surimpose sans doute à d'autres phases de métamorphisme et de minéralisation (ce qui complique beaucoup l'interprétation de la genèse de ces dernières).

Certaines mines (Ikissane, Agadir n'Maïne, Afadad, Jarelna) semblent liées aux apophyses péribatholitiques et possèdent des paragenèses qui dépendent du niveau de départ de l'apophyse par rapport au dôme granitique, mais d'autres gisements interstratifiés dans les formations calcaires ou schisteuses faiblement métamorphiques ont une origine plus ambiguë. Les relations existant entre les niveaux minéralisés, les roches encaissantes et les filons ou failles qui recoupent ces deux premiers ensembles ont permis à E. Fauvelet, J. Agard et M. Allon de penser que la plupart des gisements interstratifiés dans des formations peu métamorphiques sont antérieurs à la première granitisation du Tichka. E. Fauvelet les rattache à l'existence d'un pluton basique anté-granite mais les paragenèses rencontrées dans ces gisements pourraient aussi bien être relatives à l'une quelconque des phases de granitisation du Tichka, et même à la dernière. Dans cette hypothèse, il y a lieu de distinguer les minéralisations liées aux apophyses péribatholitiques qui traversent sous forme de sills plus ou moins continus des formations telles que le complexe à biotite et amphibole (CBA) avec migmatites passant au granodiorite, le complexe à biotite (CB), et le complexe amphibolique (CA) mais qui s'arrêtent au niveau des calcaires métamorphiques (Kμ), et celles de filons hydrothermaux susceptibles d'une minéralisation intéressante dans les calcaires.

L'étude détaillée des paragenèses rencontrées dans les différents travaux de recherche de cette région permet alors d'établir une zonalité dont le contrôle se fait non seulement par rapport au niveau d'enfouissement des feuillets péribatholitiques mais également par rapport au contexte litbologique dans lequel ils sont venus se loger. Ceci est également vrai pour les filons minéralisés. Voyons plus en détail les remarques générales que nous pouvons faire à ce sujet.

La *scheelite* apparaît dans les grenatites et les cipolins des mines d'Agadir n'Maïne, Talet Injokhra et Afadad au niveau des apophyses les plus profondes.

La *molybdénite* se trouve toujours très près, sinon au contact d'affleurements granitiques. On la

Source : MNHN, Paris

rencontre aussi dans les filons de quartz ou quartzo-feldspathiques de la mine d'Ikissane, dans celle d'Afadad, au Tizi n'Zaïkor, à Jarelna, au Talet Injokhra et Talet Lekoubrit, et à l'état de trace à Tamayoust.

Si la molybdénite est liée au granite profond et le suit de façon quasi systématique, on remarque que dans le complexe à biotite et celui à amphibole (CB et CA) le *fer* est bien représenté, sous la forme de pyrrhotite et de pyrite, par exemple à la mine d'Ikissane, dans le Talet Injokhra et la région d'Afadad ; par contre, dans les calcaires métamorphiques (Kμ), on trouve de la tétraédrite (Tizi n'Israquen), de l'arsénopyrite (Agourzi, Oukilal, Timezguida n'Ourhguelt) mais surtout de la sphalérite et de la galène (Alebdi, Tamayoust).

Nous pouvons donc définir une zonalité :

1) suivant le niveau de départ des apophyses péribatholitiques par rapport au granite :

Apophyses (d'après V. Ziegler et Ch. Bizard)	I	II	III	IV	V (pour nous)
Eléments					
Tungstène	++	+			
Molybdène	+	+	+		
Fer	+	++	+++	+	
Cuivre	+	+	+	+	+++
Plomb			+	+	?
Zinc			+	+	?

2) suivant l'éloignement des filons par rapport au pluton dans les formations de calcaire métamorphique de la bande d'Igui n'Ousoud à Taourart ; tel est le cas des affleurements de Jarelna, Alebdi, Tizi n'Israquen et Tamayoust :

Minéralisations de la bordure E du massif

Localisation	gangue	roche encaissante	tétraédrite	or natif	hématite	malachite	arsénopyrite	galène	sphalérite	chalcopyrite	pyrite	pyrrhotite	molybdénite	magnétite	scheelite
Tamayoust	quartz ou carbonates	calcaires					+	+	+	+	+	+	o		
Tizi n'Israquen	carbonates	failles N 60°W	+	+			+			+					
Alebdi	quartz ou carbonates et baryte	failles						+	o	o	+				
Agourzi	quartz	calcaires		+			+				+	+			
Oukilal	quartz	calcaires					+	+	+	+	⊞	+			
Taourart	quartz	calcaires et schistes						+					+		
Ifillilis	quartz	calcaires					+			o	+				
Jarelna	quartz	calcaire silicifié					+	+	⊞	o	+		+		

légende : o rare ; + présent ; ⊞ abondant
CB : complexe à biotite

Dans la région NE du massif du Tichka, par le jeu des feuillets péribatholitiques, la minéralisation a pu se mettre en place loin du massif granitique proprement dit, d'autant plus que ceux-ci ont été relayés par des filons qui introduisent les venues métallifères à la limite de l'auréole du métamorphisme de contact de ce granite circonscrit.

Suivant le niveau de départ de ces feuillets péribatholitiques par rapport au pluton granitique on peut mettre en évidence une zonalité avec scheelite à la base, dans la région d'Agadir n'Maïne, Afadad, et sphalérite et galène à Tamayoust.

De même il se dégage une zonalité assez nette pour les filons dans les calcaires métamorphiques de Taourart Igui n'Ousoud.

Source : MNHN, Paris

INDICES DE MINÉRALISATION ÉPARS DANS LE TERRITOIRE PARCOURU

Quand nous avons travaillé dans ce territoire, le but précis de nos recherches était le lever de la carte géologique, complété par des études pétrographiques, stratigraphiques et tectoniques. Nous n'avons donc pas fait de prospection systématique et avons seulement visité les gîtes déjà connus, ayant pour la plupart fait l'objet de travaux dirigés par N. Almikine. Mais en passant dans les diverses régions, nous avons noté les lieux présentant des indices de minéralisation : ces indications, très sommaires, sont rassemblées dans le présent chapitre.

Partie NW du territoire

Plomb, zinc, cuivre

Dans le bled Ida n'Gourioune, à l'W de Ras Moulay Ali, entre Ouaounsaout et l'Azib Azrou Aderdour, à *Isfene*, sur le chemin de Tizi Imedlaoune, il y a une minéralisation en *galène* et *sphalérite*. Elle se trouve à peu près à la même distance du granite que le plomb de Tamayoust.

Entre Amguerd n'Aït Ouaoussarmelt et Tizi Imedlaoune, le chemin muletier passe sur la rive gauche de *Talet Tissouine*. Les roches y sont des chloritoschistes, des cornéennes charbonneuses, des cipolins blancs ou rosés avec mouches vertes, et des épidotites. Sur la rive gauche de Talet Tissouine, à 100 m du thalweg, on peut voir des traces de *galène* et de *malachite*.

Une section polie MT 72 montre de la galène associée à la sphalérite avec de la pyrite en cristaux automorphes dans un filon quartzo-feldspathique recoupant une roche noire légèrement carbonatée.

MT 69 : association de galène et de sphalérite avec chalcopyrite qui s'altère en covellite.

A Irhzer el Bordj, on trouve du quartz avec pyrite et un peu de chalcopyrite.

Il y a du minerai un peu à l'E de Tarouni di el Djej, sur le ravin nommé *Irhzer Oussagou* :

MT 74 : le minerai est constitué de sphalérite présentant de nombreuses exsolutions de chalcopyrite, de galène conservant des reliquats d'anciens cristaux de pyrite et de plages de chalcopyrite, qui a tendance à s'altérer en covellite. Dans une fracture de sphalérite, un filonnet de pyrargyrite est associé à la chalcopyrite.

MT 68 : cet échantillon de chalcopyrite est en voie d'altération en covellite. Celle-ci contient des reliquats de galène. Les filonnets qui recoupent la chalcopyrite sont tapissés de goethite, de sphalérite avec exsolutions de chalcopyrite, d'arsénopyrite et quelques cristaux de pyrite.

MP 117 : cet échantillon de minerai comprend de la sphalérite avec de nombreuses exsolutions de chalcopyrite, recoupée par des filonnets de galène. Il existe des plages de chalcopyrite ainsi que des filonnets de ce minéral dans la sphalérite. La covellite est le produit d'altération de la chalcopyrite.

Près de Taguersift (azib), le ravin qui est parallèle à Irhzer Irhil Oudaras (lequel est immédiatement au N de Ras Moulay Ali, cote 3 350 m), à 150 m plus au N, a entaillé une cornéenne dont les fissures minéralisées en *pyrite et malachite* ont été autrefois exploitées.

Entre le hameau d'Asif Lalou (au N) et Tizi Oumzra (col à 3 000 m d'altitude, au S), plus précisément entre Azib Imigouilène et Tarouni Iguene (voir *Tichka* 1, p. 202), à Do Tazoult Oziouel, il y

Source : MNHN, Paris

aurait, d'après les habitants, un filon de quartz carrié minéralisé en antimoine (la question est de savoir s'il s'agit de stibine ou de galène car, en arabe, le mot Koheul s'applique aux deux sulfures).

Irhzer Tassiout roule des galets très variés, parmi lesquels des quartz avec traces de malachite et des joints d'oligiste.

Partie SW du territoire

Près de Tikfilt, à l'W de Tizi Ouadou, un filon de quartz montre un peu de *malachite*.

Dans le bled Aït Tament, il y aurait des indices de *cuivre* près du village d'Amzaourou.

A *Zaouiet Lmadene* (bled Igoudacbene), un grattage a été fait dans un complexe andésitique (CA) pour essayer d'exploiter un peu de malachite mais cela n'a rien donné d'intéressant. Au SE de ce village, dans la petite fourche dessinée par le 3e et le 4e ravins, la felsite (Cr) est imprégnée de malachite.

Baryte

Près de l'angle NW de notre carte, dans le bled Aït Zemlal, en aval de Tassa, à 350 m de *Mentili*, la rive gauche de l'oued Tassa montre un filon interstratifié dans les chloritoschistes (CHL). Il s'agit d'un filon presque vertical de *baryte* blanche, dont la largeur varie de 1 à 3 m et que l'on suit sur environ 200 m. Au N d'Afensou, sur le flanc Sud du J. Aourir, il y a un autre filon blanc, grossièrement E-W, que l'on suit sur 300 m.

Plus à l'E, *Irhzer Tifirt* roule des blocs de quartz et des galets de *baryte*.

Le ravin qui passe immédiatement à l'W d'Irhilène, Talet di el Braït, transporte des galets de *baryte* avec malachite et substance noire.

Dans le bled Igoudachene, au S de Timzemrit, en face du village de Tarhouacht (carré 195-197,5 — 422,5), le Talet Dar Oumrouz, affluent de gauche de l'Asif Igoudachene, charrie de gros galets de *baryte*. On trouve le même sulfate non loin de là, au point nommé Agoudi. Dans la région de Kma il y a de la baryte à Tamda Lémeri.

Minerais de Fer

Le Ier est ubiquiste mais il constitue rarement des gisements exploitables. La seule région qui nous ait paru mériter que l'on y lasse des travaux de recbercbe est celle de Tazlida-Aouriren (carré 197,5-200-427,5-430) dont nous avons déjà parlé.

Bled Ida ou Msattog

Sur les berges d'Irhzer n'Oufouzer, près d'Amendar et des ruines d'Alouzer, le granite à biotite est injecté par des veinules d'hématite.

En 1944, un berger du village de Kma nous dit avoir trouvé du minerai sur le J. Tirhirine, au sommet qui domine Tizi Iguer, et il nous apporta un bloc comprenant bématite, limonite, pyrrhotite, et un écbantillon renfermant des mouches de molybdénite, mais nous n'avons pas eu l'occasion d'aller vérifier cette indication.

Bled Ida ou Kais

La crête de *Baba Haki*, entre Asil n'Tamsoult et Asil Ida ou Msattog, est en diorite avec des laciès variés (à grain fin, porphyroïde. à gros grain, gneissique, etc.). Ces roches sont traversées par des filons de quartz qui montrent des druses à hématite avec traces de malachite.

Le village d'*Amguerd Ouourirh* est bâti sur des gneiss porphyroïdes qui, en plusieurs endroits, sont broyés et passent à de la mylonite. A 200 m plus à l'E, dans Talet n'Taoussa, à quelques mètres au-dessus du point où ce ravin est coupé par le chemin d'Adrig (Igué Oudreg), on peut voir de la brèche tectonique (morceaux très irréguliers de 10 à 20 cm, enrobés dans une pâte chloriteuse). On est là dans le prolongement de la laille J. Tifirelt-Azrou n'Takeit et de la laille d'Imellalene. A 100 m à l'E. du vil-

Source : MNHN, Paris

lage affleurent du diorite et de la migmatite injectée d'aplite : toutes deux sont traversées par de petites veines minéralisées en *hématite* avec traces de malachite.

A 200 m à l'E du village, le diorite renferme des enclaves de gneiss porphyroïde et passe à la migmatite. Ces roches ont des joints minéralisés en hématite.

Nous ne pouvons dire si la minéralisation est antérieure à la tectonique ou si elle a profité de la fracturation du terrain.

Dans la région Tizaratine-Tiniyirt-Aït Yahya, on peut observer en plusieurs endroits des mouches d'*hématite* par exemple sur le flanc E d'Agadir n'Aït Yahya.

Dans le carré 190-192,5 — 425-427,5, entre le village escarpé de Sarourt (au S), le J. Timalaïzene (au N) et le J. Tirhisit (à l'W), on peut remarquer en de nombreux points la présence d'*hématite*, par exemple sur la partie W de la crête d'*Anrar n'Felrad* où ce minerai occupe les joints d'un leucogranite.

Au *N de Sarourt*, nous avons marqué sur notre carte une longue lentille de calcaire métamorphique (Kμ) flanquée d'un sill de granite sur sa face N. Entre l'escarpement de granite et une jonction de chemins située à 200 m plus au SW, il y a aussi du complexe à biotite. Beaucoup de joints de ces trois roches sont remplis par de l'*hématite* qui donne de beaux échantillons.

A l'E de Kma, le *J. Adjiou* et les abords du ravin Imi Talet ou Adjiou (vol. I, p. 142) comportent des bancs de calcaires métamorphiques à noyaux de skarns à pyroxène et grenat et des lentilles de calcite. Cet ensemble est parcouru par un fin réseau de veinules d'*hématite* qui est donc postérieur à la formation de la calcite.

Bled Igoudachene

Le complexe andésitique (Ca de notre carte) est minéralisé en *hématite* un peu partout.

Entre Tagodacht et Zaouiet Lmadene, le chemin muletier qui monte sur la rive droite d'Irhzer Tasgourt (= Tanout) passe sur de l'andésite schistifiée et parcourue par des veines d'*hématite*.

A Zaouiet Lmadene, les joints de l'andésite contiennent aussi de l'*hématite*.

Un peu à l'E du point où le chemin muletier de Tizi Oufra traverse le grand ravin nommé Talet bou Ikherkhoum, la felsite, à patine couleur de rouille, contient de très fines mouches d'un minerai altéré qui paraît être de l'arsénopyrite.

Au N de la crête en couteau d'Agadir-Takhaznit, il existe une bande très importante de calcaire du Cambrien inférieur. Cette bande forme une masse compacte à *Baba Merzoug* (cote 1 653) mais elle se divise en trois et quatre plus à l'W (Akoui Tasgourt et Tamdachelt), en huit ou dix plus à l'E. Sur son côté Nord, elle est en contact direct avec le granite qui l'a métamorphisée en donnant naissance à des faciès variés : marbres, amphibolites, grenatites, parapyroxénites et skarns. En plusieurs points, le granite renferme des enclaves d'amphibolites. Les roches métamorphiques ont subi des mouvements tectoniques car elles sont plissotées et offrent des parties écrasées ; le granite aussi a subi des broyages en de nombreux points. Dans l'oued *Ougouguen*, à l'W de Baba Merzoug, on peut voir un fragment de charnière pesant 10 à 15 tonnes et de très jolis plissotements dans les lits pyroxéniques verts. Parmi les galets de l'oued, on en remarque beaucoup qui sont constitués par une parapyroxénite à grenat très riche en *hématite*. Il y a aussi des amphibolites quartzeuses.

(ech. Chka 314 : quartz en grains de 20 à 60 μ, amphibole en prismes de 30 à 200 μ, à bords effilochés, sphènes plagioclases, hématite rouge).

Ces roches contiennent aussi de l'*hématite*. On peut se demander si ces minerais ne formeraient pas un gîte pyrométasomatique au contact même du granite et du calcaire, sur le flanc N de Baba Merzoug ou sur celui d'Adarras n'Tizi n'Aït Saïd.

Au SW de Tagodacht, il y a un grand confluent de ravins appelé Maoudafoud (Tichka I, fig. 3, p. 34). Tout près de lui, la colline calcaire commée *Bou Gazig* montre un filon de quartz minéralisé en *limonite*.

Au S de Imzzine, au lieu-dit *Taouririt Ououzel*, la felsite, qui forme une crête, offre une disjonction en bancs verticaux (dirigés vers le J. Timalaïzene). Sur cette crête on peut voir un affleurement ovale de m*inerai de fer* (hématite).

Source : MNHN, Paris

Le ravin nommé Tintahakhat (= Talaint Laachamad) montre dans ses galets de la felsite dominante, du calcaire, des schistes, du microdiorite et du *minerai de fer*.

On rencontre des fragments de *minerai de fer* en plusieurs points sur les schistes d'Isguine et il faut noter qu'entre Zaouia Adouz et Agadir Ouzrou (rive gauche d'Asif Talekjoune), au S du deuxième ravin en venant du conglomérat d'Izeroualn, il y a un terrain qui s'appelle Irhil ou Ouzel (= la crête du fer).

Bled Agounsane

Le J. Isk Imoula (cote 2 269) est en grande partie constitué par du diorite. Sur ses pentes Nord et Est, cette roche est traversée par des veinules d'*hématite* (en particulier sur le flanc N du petit sommet qui se trouve au SE du sommet principal).

Au-dessus d'*Imanarene* (près du point 188-430), au début du chemin d'Agadir ou Roumi, on peut voir un affleurement, large de 20 m, d'un granite bololeucocrate à grain fin, pauvre en biotite et riche en feldspaths, qui contient en abondance un minerai opaque ayant donné des taches de limonite.

Partie Nord du territoire

Dans le bled Aït Zemlal, les schistes gréseux à patine de rouille du Talet Azarif se prolongent sur la rive droite d'Asif Aït Zemlal et donnent un affleurement ocre au-dessus d'*Aguersafene*. On voit les couches nettement stratifiées, mais à la surface il existe des blocs assez nombreux d'une sorte d'éponge quartzo-limonitique faisant songer à un *chapeau de fer* et montrant de nombreuses petites empreintes cubiques, vestiges de cristaux de pyrite. En un point, cette formation limonitique renferme de la malachite.

Près de Tizi n'Mgaïed, sur le chemin d'Ikkis n'Isoukal, dans l'auréole métamorphique du granite, les schistes montrent des joints minéralisés en *hématite*.

Calcite

En dehors des minerais, nous tenons à signaler l'existence de grandes lentilles de *calcite pure* au dj. Ilimz et au dj. Adjiou (Termier H. et Termier G. Pétrogénèse, 1956, p. 514).

Conclusion

Les indices mentionnés dans ce chapitre représentent assez peu de choses, mais il fallait bien les signaler car un prospecteur qui partirait d'eux pourrait avoir plus de chance que nous.

Au point de vue métallogénique, la conclusion qui s'impose est qu'*il n'y a pas de gîte important à l'intérieur du massif*. On y trouve seulement de l'*hématite* qui se présente en veinules ou en mouches. Retenons pourtant l'association étroite de l'*hématite et de la chlorite* dans la région de Tazlida.

COMPARAISONS

Azegour

Le premier gîte auquel on peut comparer ceux du Tichka est celui d'Azegour qui a fait l'objet de plusieurs études depuis 1925 et, en 1957, d'une excellente thèse, celle de F. Permingeat.

Il est situé sur le versant N du Haut Atlas central, à 60 km au SSW de Marrakech et à 40 km du Tichka. Le *granite* d'Azegour est venu se loger dans les terrains cambriens. Lui et eux ont été érodés et montrent une surface pénéplanée post-hercynienne, sur laquelle s'est déposé le Crétacé du J. Timerhit. « Le granite affleure au pied de la falaise crétacée en une bande de 7 km de longueur et de 1 km environ de largeur maximale ». Ce granite, très homogène, est du type alcalin orthosique, voisin des

Source : MNHN, Paris

granites calcosodiques, et pauvre en biotite, tandis que dans le massif du Tichka, le granite offre de très nombreuses variétés. De plus, « le granite d'Azegour ne contient pas d'enclaves de roches métamorphiques » tandis que celui du Tichka renferme d'immenses bandes de terrains d'origine sédimentaire, par exemple celle d'Adericha qui dépasse 5 km de long, et celle d'Iskimoula qui atteint 2,5 km, et ailleurs le massif est encombré par une foule de petites enclaves.

A Azegour, il y a des *pegmatites* banales, localisées dans le granite, composées de quartz blanc laiteux au centre et d'orthose sur leur bordure, sans mica et sans minéraux spéciaux. Il y a aussi des pegmatites à biotite et allanite qui tendent à se séparer du granite.

Les *aplites*, pas très nombreuses, sont localisées à l'intérieur du massif, de préférence dans les fissures de direction E 30° S.

Des *porphyres quartziques* (microgranites et rhyolites) se rencontrent dans la région d'Azegour. Leur composition est très voisine de celle du granite : comme lui, ils sont très pauvres en mica et en éléments accessoires. Mais ils présentent des structures variées (microgrenue, micrographique, cryptographique).

Les *porphyres sans phénocristaux de quartz* sont très nombreux et forment de véritables réseaux. Mais « il ne semble pas y avoir de relation entre eux et le massif granitique ». Ils recoupent les filons de porphyres quartziques. Leur teneur en quartz est plus faible que celle du granite mais les teneurs en chaux, en ferromagnésiens et en titane sont plus élevées que celles du granite. Leur composition type est celle « d'une micromonzonite, voisine des microdiorites ».

Enfin, il faut signaler l'existence de lampropbyres, à savoir d'une *minette* à phénocristaux d'apatite (20 × 1 mm) et de biotite (5 mm), postérieure à la mise en place du granite.

Le complexe volcanique comprend des laves et des roches pyroclastiques. Les laves se répartissent en dacites, dacitoïdes et andésites. Elles ont subi le métamorphisme (naissance de hornblende aux endroits les plus calciques et de biotite aux endroits les plus acides). Les roches pyroclastiques sont « formées de matériel volcanique plus ou moins remanié » car ce matériel a été déposé dans la mer. Les unes sont dacitiques, les autres andésitiques. Toutes sont étroitement associées aux calcaires. Dans le massif du Tichka il y a aussi des tufs et des brèches andésitiques qui ont subi le métamorphisme (Tizi Oufra, Amsioui, Oufifen).

A Azegour, les terrains cambriens d'origine sédimentaire ont été métamorphisés par le granite. Dans la série argilo-pélitique, on peut distinguer la zone des schistes tachetés et, plus près du granite, la zone des schistes noduleux micacés. Ces roches n'ont pas d'importance pour la métallogénie car elles sont toujours stériles. En revanche, les calcaires présentent des types variés dont quelques-uns intéressent directement le mineur. Il y a des calcaires recristallisés (marbres) généralement blancs (grain de 1 mm) et des dolomies recristallisées, brunes en surface (grain de 1/4 de mm). Une des particularités de ce gîte est l'existence de calcaires à éléments volcaniques (cendres, lapilli, fragments de laves, cristaux cassés d'andésine).

Ce qui est important, ce sont les roches à silicates calciques. Les *grenatites à grossulaire*, de couleur brun clair à blond, riches en alumine mais pauvre en fer et en magnésium (rapport atomique Al/Fe $>$ 1) Elles « sont localisées en petites lentilles dans certains bancs des massifs de calcaires ». Les *grenatites à grossulaire et idocrase ferrifère* (duparcite) ont une importance minière parce qu'elles « sont les hôtes normaux de molybdénite ».

Il y a des idocrasites ferrifères qui renferment un peu de grossulaire : elles « ne forment que de petites lentilles au sein des grenatites à grossulaire et duparcite ». Les *grenatites à andradite*, de couleur vert foncé, sont plus riches en fer (rapport atomique Al/Fe $<$ 1). Leur minéralisation normale est en scheelite et parfois en pyrite.

Les *pyroxénites à diopside* (rapport Mg/Fe $>$ 1) sont blanches ou vert clair et à grain fin ; elles sont rarement altérées. Elles sont « localisées sur la bordure du massif volcanique du secteur nord » d'Azegour.

Les *pyroxénites à hédenbergite* (rapport Mg/Fe $<$ 1) ont une coloration vert foncé et montrent des cristaux allongés discernables à l'œil nu, souvent altérés en amphibole.

Il y a des *wollastonitites*, « roches blanches à structure fibreuse ou lamellaire », qui renferment toujours un peu de grossulaire mais elles sont en petite quantité dans la région d'Azegour tandis que, sur le massif

Source : MNHN, Paris

du Tichka, nous en avons trouvé plusieurs gisements assez importants où elles renferment des grenats atteignant plusieurs centimètres de diamètre.

Les *épidosites* sont rares à Azegour. Dans le massif du Tichka, il y en a dans le complexe à chlorite (CHL) des bleds Aït-Tament et Aït-Yousf (I, p. 51) et dans les roches d'Iskimoula.

« Les roches à wernérites sont peu abondantes dans la région d'Azegour. Elles résultent du métamorphisme de calcaires contenant des débris volcaniques et la scapolite provient d'une transformation des plagioclases. » Dans le massif du Tichka, nous avons identifié en maints endroits du dipyre.

La minéralisation

Si la molybdénite, la chalcopyrite et la scheelite sont les minéraux les plus abondants du gisement d'Azegour, les conditions de leur mise en place paraissent totalement différentes de celles qui ont pu être établies pour le massif du Tichka.

F. Permingeat (1957) a reconnu deux types principaux de minéralisation : en imprégnations dans des roches à silicates calciques, ou en filons avec passages possibles du premier type au second. Voyons plus en détail les principales minéralisations.

Molybdène — La molybdénite sous forme dispersée se localise dans des colonnes de grenatites à duparcite ou à grossulaire qui suivent fidèlement les contours des roches volcaniques. Si la teneur en fer de la roche augmente, c'est-à-dire lorsque les grenatites sont à andradite, la molybdénite disparaît. Cette imprégnation de molybdénite est contemporaine de la formation des grenats, le molybdène a donc été apporté au cours ou peut-être même au début du métamorphisme. Ce sulfure fait partie intégrante des grenatites et constitue au même titre que les grenats un élément constitutif de la roche. Il existe tous les termes de passage des imprégnations diffuses des grenatites au remplissage de fissures (toutefois sans gangue), suivant le degré de cohésion des grenats entre eux. Au Tichka la molybdénite se rencontre au contact des skarns à grenats, au voisinage immédiat d'aplites et de pegmatites minéralisées qui sont le vecteur essentiel du molybdène et des autres métaux à l'état de sulfures. Par contre à Azegour, aplites et pegmatites sont absolument stériles. Elles ne sont donc pas impliquées dans les phénomènes de minéralisation qui leur sont nettement antérieurs.

Cuivre — Le cuivre est le second élément important des minéralisations du massif d'Azegour. Il se présente essentiellement sous forme de chalcopyrite (la chalcosite et la bornite restant accessoires) en hordures de roches carbonatées, dans des pyroxénites à bédenbergite plus ou moins ouralitisées et souvent transformées en amphibolites. Dans les pyroxénites, même très altérées, la chalcopyrite est toujours très fraîche car elle reste en équilibre avec les solutions riches en magnésium qui sont responsables de l'altération des pyroxènes et des grenats. Dans ces pyroxénites à grain fin ou moyen, la chalcopyrite est dispersée dans la roche suivant des lits parallèles en association avec la calcite et le quartz. Comme dans le cas de la molybdénite, il y a contemporanéité de cristallisation de ces différents minéraux au cours du métamorphisme induit par le massif de granite d'Azegour. La chalcopyrite peut localement se trouver dans les grenatites à andradite et les roches carbonatées et s'écarter ainsi de l'auréole de métamorphisme du granite pour se concentrer dans des filons de quartz avec sphalérite et galène.

Scheelite — La mine d'Azegour est également caractérisée par la présence de scheelite en nodules ou en cristaux éparpillés dans les grenatites à andradite, à calcite sans idocrase, ainsi que dans les cassures de celles-ci. La scheelite se forme très tôt dans la roche et cristallise vers la fin du développement des grenats. Les grenatites sont séparées des roches carbonatées par les pyroxénites dans lesquelles la scheelite est associée au quartz. Elles peuvent être voisines des colonnes de molybdénite mais il existe une démarcation nette entre ces deux minéralisations.

Autres minéraux — Comme autres minéraux il existe de la sphalérite dans les pyroxénites, renfermant aussi de la chalcopyrite, dans les dolomies et les calcaires mais ces minéralisations sont nettement séparées, la sphalérite étant plus proche des roches carbonatées que ne l'est la chalcopyrite. L'uranium, sous forme de pechblende en nodules dans les roches à silicates calciques ferrifères est associée à sphalérite, chalcopyrite, galène, arséniures de nickel, cobalt et bismuth natif.

Source : MNHN, Paris

Filons. — En plus des imprégnations dans les roches, il existe des filons proprements dits, mais des passages sont possibles entre ces deux modes de gisement. Les filons sont encaissés dans les schistes ou les grés ; ils sont à gangue de dolomie mêlée de barytine et d'un peu de calcite et ils renferment des minéralisations du groupe des arséniures de nickel, avec cobalt, bismuth natif et pechblende mis en place les premiers. Leur succèdent le groupe des sulfures avec galène, sphalérite, pyrite, marcasite, et enfin le groupe de l'argent avec des sulfoantimoniures d'argent, argent natif, pyrargyrite, stéphanite, argentite encore plus tardifs. Le gisement d'Azegour est considéré comme un gîte de tungstène auquel sont associés les sulfures tels que la molybdénite et la chalcopyrite. La molybdénite, contrairement à celle du massif du Tichka, n'est pas liée à une phase pegmatitique précédant une phase hydrothermale mais son dépôt correspond, d'ailleurs au même titre que la scheelite et la chalcopyrite, à un processus de métamorphisme lié au granite d'Azegour, contemporain de la formation des roches à silicates calciques.

En 1958, F. Permingeat et Bourg mirent en évidence une zonalité de la minéralisation centrée non par rapport au pluton granitique alcalin orthosique, d'âge hercynien, mais plutôt par rapport aux roches encaissantes. Une zonalité des silicates calciques s'y superpose. Ainsi, à partir d'un centre de diffusion constitué par une andradite noire, la molybdénite se concentre dans les grenatites à grossulaire et idocrase du côté des roches volcaniques (laves et produits pyroclastiques) tandis que la scheelite est localisée dans les grenatites à andradite au contact des calcaires. Les pyroxénites à hédenbergite, à la limite des cipolins renferment la chalcopyrite et ce sulfure, associé à la sphalérite et à l'arsénopyrite, apparaît dans les dolomies quartzeuses. Les auteurs montrent, d'autre part, que cette minéralisation s'est produite à la fin du métamorphisme des roches en place (volcaniques et carbonatées d'âge Cambrien) et qu'elle a été suivie d'une phase hydrothermale d'altération nettement postérieure : les pyroxénites à bédenbergite se sont transformées en amphibolites et possèdent dans leurs cassures, au milieu d'une gangue barytique ou dolomitique, les minerais suivants : pechblende, arséniure de nickel, sphalérite, pyrite et galène.

L'étude fine de ce gisement a permis à ces auteurs de définir des guides susceptibles de conduire aux différentes associations minérales : ainsi, le cuivre associé aux pyroxénites à bédenbergite se rencontrera dans des galeries tracées à la limite des cipolins tandis que la recherche de la molybdénite, sera faite au niveau des grenatites à grossulaire. Des grenatites de ce type sont abondantes dans le Massif du Tichka mais la molybdénite y est essentiellement liée aux aplites et pegmatites.

Climax

Parce qu'il représente un cas exceptionnel tant en ce qui concerne son gigantisme que les conditions de gisement, Climax, Colorado, offre un intérêt considérable.

Produisant environ 80 % du molybdène mondial et 90 % de la production des USA, il est situé à 3 500 m d'altitude dans les Montagnes Rocheuses du Colorado. Il a été reconnu sur une hauteur de 700 m. Il est constitué d'un pluton de monzonite quartzifère porphyrique, d'âge tertiaire, n'affleurant pas, entouré d'auréoles concentriques formées du centre vers l'extérieur : d'une monzonite, remplacée dans la partie centrale par du quartz finement grenu, passant ensuite à un granite séricitisé, envahi de veinules de quartz et d'orthose secondaire avec molybdénite et fluorite. La minéralisation diminue progressivement en atteignant le granite précambrien encaissant. Cet ensemble litbologique est recoupé par des filonnets postérieurs à pyrite, sphalérite, chalcopyrite, hübnérite et topaze.

Cette structure en « pipe » qui caractérise le gisement de Climax, et dont les minéralisations avec molybdène sont incluses dans le granite, ne possède donc aucun point de comparaison avec celui du massif du Tichka.

Costabonne

Le gisement de Costabonne (Pyrénées orientales) présente par contre certains caractères qui peuvent être comparés à ceux du Tichka.

G. Guitard et P. Lafitte (1960) montrent que sa minéralisation est localisée dans deux principaux corps de skarns interstratifiés dans des calcaires et dolomies cambriennes ayant subi un métamorphisme hercynien mésozonal.

Source : MNHN, Paris

Ces formations se trouvent au contact d'un granite circonscrit post-tectonique, sans enclaves ni septas, dont la mise en place provoque un métamorphisme de contact avec endomorphisme auquel succède une venue métasomatique principale accompagnée d'importants apports de Si, Al, Fe ainsi que de W précoce, de Be, Mo, Zn Bi, Cu et départ de CO_2 et Mg. Ces minéralisations sont localisées dans les skarns, soit au contact direct avec le granite (et alors la scheelite domine) soit formant de véritables filons couches, se suivant sur plusieurs kilomètres, sous le toit des micaschistes. Ils sont caractérisés par encore un peu de scheelite mais surtout par l'abondance des sulfures tels que la sphalérite et la molybdénite. Cette dernière apparaît sélectivement dans les grenatites de petite dimension avec pyrite, chalcopyrite et parfois hématite. Ces minéralisations sont suivies de venues métasomatiques tardives avec hydroxylation et dépôt de sulfures auxquels succèdent des filons de quartz avec cuivre recoupant l'ensemble.

L'étude de ce massif montre que la scheelite est surtout abondante dans les skarns, au contact ou dans le granite circonscrit sans septas tandis que la molybdénite est associée à des skarns et surtout à des grenatites de petite dimension plus éloignées du granite.

A la lumière des faits constatés pour le massif de Costabonne, la rareté de la scheelite dans le massif du Tichka s'explique par l'allure relativement peu profonde des apophyses granitiques et surtout par l'existence de septas de très grande importance dans lesquels se sont développés des filons aplitiques ou pegmatitiques riches en molybdénite qui seront relayés à la périphérie du massif, par des filons de quartz.

Chateau-Lambert

Mais c'est sans doute le gisement de Chateau Lambert dans les Vosges qui présente le plus grand nombre de caractères communs avec celui du Tichka.

Exploité pour le cuivre jusqu'au XVIII^{e} siècle, ce n'est que vers 1938 que ces mines font l'objet de recherches pour la molybdénite. Les exploitations sont situées sur la commune du Haut-du-Them. Elles sont distribuées sur six filons orientés SE à ESE de part et d'autre de la ligne de partage des eaux du massif de la Tête du Midi (837 m). Des six filons reconnus, seuls ceux de Chateau Lambert, Mairelle et de la Section des Mines ont donné lieu à des exploitations. Les autres ne montrent que des travaux de reconnaissance qui ont été prolongés dans la forêt de Hinguenet. La molybdénite est liée aux « granites des Ballons » qui se sont mis en place au Carbonifère au sein des schistes, grauwackes et coulées volcaniques. Les contacts du granite peuvent être nets, comme sur le versant méridional du Ballon d'Alsace, ou au contraire extrêmement diffus par endomorphisme local donnant naissance à des diorites à faciès variés avec tous les termes de passage du diorite franc au granite. Cet endomorphisme est le signe que le magma originel avait une intense activité chimique qui se traduit par l'abondance des pegmatites imprégnées de molybdénite, pyrite et chalcopyrite. Des différenciations quartzeuses souvent lenticulaires sont également bien minéralisées en ces constituants. Dans les pegmatites, la molybdénite se rencontre au sein des feldspaths altérés (orthose et albite) ou dans le quartz. Les salbandes argilo-chloriteuses sont souvent minéralisées. La pyrite, la chalcopyrite ne sont pas toujours associées à la molybdénite mais peuvent être éparses dans la roche. La bornite, l'oligiste, la galène, la sphalérite, l'argent et l'or natif restent accessoires. Les enduits de malachite et d'azurite sont abondants et résultent de phénomènes d'altération météorique des minéraux du cuivre.

Comme pour le massif du Tichka, il existe un intense endomorphisme des granites affectant d'anciennes séries métamorphiques et les types de diorite qui en résultent sont traversés de pegmatites à molybdénite associées ou non à des sulfures.

Lacorne

De même, la mine Lacorne, Val d'Or (Québec-Canada) peut servir de point de comparaison avec le Tichka.

Cette mine comprend une série de filons de quartz recoupant un granodiorite à biotite et des schistes à chlorite et biotite entourant un batholite à caractère intrusif. Les pegmatites sont fréquentes

Source : MNHN, Paris

dans la région. La minéralisation est à chalcopyrite, pyrite, pyrrhotite, sphalérite dans une gangue de quartz renfermant de la clevelandite, du microcline, de la muscovite, de la tourmaline et parfois de la calcite, de la fluorite et de l'hématite. La molybdénite cristallise dans un environnement pegmatitique et l'étude des successions entre les minéraux fait conclure que le feldspath est antérieur à la molybdénite, elle-même l'étant à la muscovite. Ces observations ne sont pas sans rappeler ce qui a été constaté au Tichka où la molybdénite, associée aux aplites, s'est souvent mise en place un peu après celles-ci, mais la plus grande richesse en molybdénite de Lacorne reste liée, à l'échelle du massif, à la présence des pegmatites.

Endako

Le gîte d'Endako (Canada) fournit un autre élément de comparaison avec le massif du Tichka. Ce gisement, après celui de Climax (Colorado), est le second mondialement connu pour sa production en molybdène. Il est situé au nord de la partie orientale du Lac François, à environ 185 kms à l'ouest de Prince George. La minéralisation consiste en molybdénite, pyrite, magnétite, avec un peu de chalcopyrite. des traces de sphalérite, bornite, hématite et scheelite dans des filons de quartz recoupant le massif de monzonite quartzifère de la phase Endako, du batholite de Topley, d'âge jurassique, qui se met en place dans les formations sédimentaires et volcaniques de la fin du Trias et du milieu du Jurassique. Le développement du gîte d'Endako a été influencé par trois phases successives : mise en place et cristallisation de la monzonite quartzifère, intrusion de filons post magmatiques et phénomènes hydrothermaux dans les zones de fracturation intense. Ces fluides minéralisés provoquent une intense altération dont le contrôle chimique est basé sur le rapport : K^+ / H^+.

Autres gisements

Enfin citons les gisements de Tyrny-Aouz (Caucase) constitués d'un pluton granitique traversant des skarns (tactites) et dont la minéralisation est à molybdénite métasomatique, ainsi que celui d'Oulmata (Sibérie) qui présente des filons de chalcopyrite, hübnérite, molybdénite, sphalérite dans des gangues de quartz, fluorite ou topaze dans des roches granitiques à dominance dioritique ou monzonitique ainsi que dans les roches métamorphiques.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

CONCLUSION GÉNÉRALE

Les gisements de molybdène sont nombreux dans le monde mais, à part ceux de Climax (Colorado) et d'Endako (Canada), ils se sont généralement révélés de faible importance. Leur relation génétique avec des granites ou des monzonites est systématique. La minéralisation constitue le remplissage de diaclases de la plutonite, forme des imprégnations dans celle-ci ou est localisée dans des pegmatites, des aplites ou des filons de quartz hydrothermaux. Elle peut aussi imprégner les roches encaissantes dont les grenatites à grossulaire sont souvent les plus réceptives. Bien qu'apparentée au groupe de l'étain, la molybdénite est rare dans les gisements de cette catégorie qui appartient plutôt à la phase pneumatolytique. Elle fait en effet partie de la phase hydrothermale sulfurée, dans de nombreux gisements mondiaux.

Le gisement du Tichka, où la molybdénite est concentrée dans les filons de quartz, d'aplites, de pegmatites, et dont l'abondance est liée aux faciès pegmatitiques présents, entre donc dans l'un des types classiques des conditions de gisements définis pour ce minerai.

La métallogénie du massif granito-dioritique du Tichka sera interprétée de façon plus ou moins complexe selon que l'on considère qu'elle a pu être localement mono- ou polygénique. Au Sud, à l'Ouest et au Nord du massif, les minéralisations sont liées sans ambiguïté au granite et plus particulièrement à des venues quartzo-feldspathiques post-magmatiques. En revanche, à l'Est et au Nord-Est, certaines paragenèses ont été attribuées à une période de minéralisation antérieure à la mise en place du granite et seraient peut-être en relation avec des roches basiques (E. Fauvelet, 1948).

Les minéralisations liées aux venues quartzo-feldspathiques des bordures occidentale et septentrionale sont caractérisées par la présence, dans toutes les mines décrites (Figri, Iskimoula, Tamguerd n'Isli), de la molybdénite associée ou non à pyrrhotite, pyrite et chalcopyrite. L'étude comparative de ces différents gisements fait apparaître une *zonalité* par rapport au pluton granitique avec prédominance de venues à tendance pegmatitique à molybdénite, dans la région d'Iskimoula, passant progressivement à la périphérie du massif, à des filons d'aplite et de quartz (avec quelques récurrences pegmatitiques) dans la mine de Figri où à la molybdénite est associée la pyrite et la pyrrhotite, et dans celle de Tamguerd n'Isli (dite aussi de Figri haut) où à ces minéraux s'ajoute la chalcopyrite. Il existe donc une double zonalité : d'une part en fonction de la distribution des éléments chimiques (molybdène dans le complexe granitique ou à son contact dans des *septats* sédimentaires redressés qui flottent sur un substratum de granodiorite, cuivre plus extérieur au granite dans des séries gréseuses subhorizontales), d'autre part en fonction du type de roche ayant apporté la minéralisation puisqu'il existe un passage des faciès pegmatitiques aux filons aplitiques et quartzeux. La scheelite est rare dans ces différentes recherches minières. Une telle absence peut s'expliquer par le fait que dans cette zone le granite est plutôt d'anatexie que circonscrit. De nombreuses observations sur d'autres gisements montrent en effet que la scheelite est moins fréquente lorsque le granite présente des bordures diffuses (Lougnon et Ziserman 1959).

Ces différentes minéralisations avec molybdène et minéraux connexes peuvent encore être observées sur les bordures Ouest et Nord du massil du Tichka : Imaradène, Azmou n'Tarhart, Tizi n'Ouzdim, Tizi Irhes.

Les minéralisations de la bordure orientale du massif ont été interprétées suivant deux hypothèses principales. Pour certains observateurs comme Fauvelet (1948), il existerait plusieurs périodes de minéralisation dont l'une serait antérieure à la mise en place du granite et serait liée aux roches basiques.

Source : MNHN, Paris

Pour d'autres (Gb Bizard et V. Ziegler 1955), il existerait un seul grand cycle de minéralisation. Dans cette hypothèse ces auteurs distinguent les gisements liés à la mise en place d'apophyses granitiques périplutoniques dont le niveau d'enfouissement par rapport au pluton et la nature des roches encaissantes conditionnent les paragenèses observées : scheelite et molybdénite pour les apophyses les plus profondes, cuivre pour les plus superficielles et apports mésothermaux avec chalcopyrite, pyrite, sphalérite et galène dans les roches carbonatées du Tizi n'Israken, Tamayoust et Alebdi — qui ne possèdent pas de relations directes visibles avec les apophyses granitiques). Il apparaît une zonalité périplutonique avec molybdène et tungstène (ici relativement peu fréquent dans les skarns) passant par l'intermédiaire du mispickel aurifère à des gisements plombo-zincifères dans les zones calcaires les plus externes.

Comme nous l'avons dit précédemment, n'ayant pas eu le privilège ou le temps de parcourir en détail cette région orientale pour nous faire une opinion personnelle sur les relations existant entre les minéralisations, les roches qui leur ont servi de vecteur et le contexte lithologique déjà complexe qui les renferme, nous nous garderons de prendre position par rapport à ces deux hypothèses. Notre contribution dans cette étude métallogénique du massif du Tichka ayant surtout consisté à décrire les associations minérales et les relations mutuelles des différents minéraux entre eux sur la base des échantillons prélevée par nous pour l'étude de chacune des mines que nous avons étudiées.

Source : MNHN, Paris

INDEX DES LIEUX-DITS

Afadad
Affetas
Agadir n'Maïne
Agadir n'Amaroussen
Agounsi ou Asif
Agourzi
Alebdi
Amatiter
Amguernis
Amsioui
Aourirsn
Asrir
Assaoul Seghir
Azib Ikissane
Azmou n Tarhart
Figri-bas
Figri-haut
Fiil
Ifillilis (jebel)
Iggi ouanjegjioune
Ikissane
Imaradene
Imi n Ikhil n'Oual Kmeed
Imzine
Injokhra
Iskimoula
Kma
Kouilal (= Oukilal)
Maouas
Ougouguen
Oukilal (Kouilal)
Ougourzi
Tafoudert
Talet Ifrane
Talet Lekoubrit
Talet Ouzegat
Talet Temda
Talet Tissert
Talmoudat
Tamayoust
Taouort
Taourart
Taourirt Lemdine
Tazlida
Tigourzatine
Tizi Irbes
Tizi Israquen
Tizi n'Oumenar
Tizi n'Ouzdim
Tizi n'Zaïkor
Zaouia l'Madene

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

BIBLIOGRAPHIE

AGARD J. et PERMINGEAT F. (1952). — Étain, wolfram et molybdène. In : Géologie des gîtes minéraux marocains. *XIX Congr. Géol. Intern.*, Rabat, n° 1, p. 17-44, 4 fg., 1 pl.

AGARD J. (1972). — Prospection pour W-Mo sur les calcaires métamorphiques du versant S du massif granitique du Tichka (Haut Atlas occidental, Maroc (Opération Tichka, 1re année) Compte rendu de mission du consultant-gitologue (5-19 octobre 1972. BRGM Sgn/Met/git. n° 237.

AGARD J. (1973). — Prospection pour wolfram et molybdène de la bordure E et NE du massif granitique du Tichka (Haut Atlas occidental) — Août 1973 BRGM Sgn/Met/git. n° 270.

ALNIKINE N. Archives.

AUGUSTHITIS S. S. (1971). — On the petrogenetic and geochemical relationship of the Mo-Cu-W-Bi hydrothermal quartz veins and the Fe-Cu-W-Mo epidote-garnet skarn bodies (contact metasomatism) of the " younger " intrusive granite of Kimmeria (Zanthe, Grèce). Anatypon *in* Tis *Epistimonikis Eperiridos*, 205.

BARTHOLOME P. (1970). — Minerais et skarns dans les auréoles de métamorphisme. *Mineral deposita*, Berlin, 5, p. 345-353.

BIZARD Ch. et ZIEGLER V. (1955). — Contribution à l'étude des gîtes hydrothermaux et pyrométasomatiques en fonction de la pétrographie dans la bordure orientale du massif du Tichka (Haut Atlas occidental). *Note Service Geol. Maroc.* 11, n° 123, p. 113-154.

BOULADON J., MARCELIN J. et PAPON A. (1971). — Les minéralisations en cuivre et molybdène liées aux porphyrites postophiolitiques du Birrimien (Précambrien moyen d'Afrique occidentale). Peut-on parler à leur sujet de cuivre porphyrique ? *In* : Les roches plutoniques dans leurs rapports avec les gîtes minéraux. *L. Jubil. E. Raguin.*

BURT D. M. (1972). — The facies of some Ca-Fe-Si skarn in Japan. *Geophys. labo. Carnegie Inst. Washington*, n° 1614.

BUTLER B. S. et VANDERWILT J. W. (1933). — The Climax molybdenum deposit. *US Geol. Surv. Bull.* n° 846 c, p. 195-237, Colorado.

CLARIONN L. (1937). — Compagnie Minière du Maroc : étude sommaire de ses permis du versant sud du grand Atlas (B.R.P.M., inédit, 13 pages).

CLARIONN L. (1938). — Les gîtes miniers du Massif du Tichka (B.R.P.M., inédit, 37 pages).

CLARK S. P. Jr (1957). — Absorption spectra of some silicates in the visible and near infrared. *Amer. Min.* 42, p. 732.

DAWSON K. M. et KIMURA E. T. (1972). — International geological Congress 34e Session Canada 1972. Excursion A09-C09 Copper and mofybdenum deposits of the western cordillera. Guidebook. p. 36-48.

DEER W. A., HOWIE R. A. et ZUSSMANN J. (1963-1967). — Rock forming minerals. 5 vol. (Longmans ed.).

DUPARC L. (1930). — Sur les phénomènes de contact du granite d'Azegour et sur le gisement de molybdénite. B. suisse Minér. Pétrogr., vol X, p. 480.

EARDLEY-WILMOT V. L. (1925). — Molybdenum. *Canada Depart. of Mines* 592, Ottawa.

FAUVELET E. (1948). — Étude géologique des gîtes de la région d'Alebdi et de l'Arhbar (B.R.P.M. 31 août, inédit).

FUCHS E. et LAUNAY L. de (1893). — Traité des gîtes minéraux et métallifères. T. 2, p. 173, 177.

GUITARD G. (1955). — Contrôles régionaux pour une recherche des gîtes de scheelite dans les Pyrénées. Congrès de l'Industrie minérale. Paris.

Source : MNHN, Paris

GUITARD G. et LAFITTE P. (1960). — Les calcaires métamorphiques et les skarns du pic de Costabonne (Pyrénées orientales). Sciences de la Terre. 1960, 6, 1 et 2, 57-137.

HESS F.L. (1919). — Tactite, the product of contact metamorphism. *Amer. J. Sci.*, vol. 48, pp. 377-8.

HORTON F. W. (1916). — Molybdenum ; its ores and their concentration. *Miner. Technol. Bull.* 111. Washington.

HUTCHINSON A. G. (1933). — The metamorpbism of the Deeside Limestone, Aberdeenshire. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, 57, p. 557.

KRUMBEIN W. C. et GARRELS R. M. (1952). — Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potential. *The Journ. of Geology*, 60, 1, p. 1-33. Chicago.

LACROIX A. (1898-9). — Carte géologique de la France et de ses topographies souterraines, n° 67, tome 10. Le gabbro du Pallet et ses modifications. Chap. 4 : les roches schisteuses et rubanées p. 377-8.

LACROIX A. (1922). — Minéralogie de Madagascar, tome 2, chap. 2 : pegmatites et aplites p. 374.

LACROIX A. 1924. — Remarques sur les dissogénites à propos de l'evergreenite du Colorado. *C.R.Acad. Sci.* t. 179, p. 945-950.

LAUNAY L. de (1913). — Traité de métallogénie. Gîtes minéraux et métallifères. I. p. 783-788.

LINDGREN W. (1913). — Mineral deposits. p. 733-734 et 794.

LOMBARD J. (1958). — Recherches bibliographiques sur la géologie du molybdène. *Chron. Mines Outremer* n° 265-66, 36 p.

LOUGNON J. et ZIZERMAN A. (1959). — Présence de scheelite et de molybdénite dans la zone de contact du massif granitique du Liron St Guiral (Cévennes méridionales). *C.R.Acad.Sci.* 248, p. 832-835.

MISCH Peter (1964). — Stable association wollastonite-anorthite and other calc-silicate assemblages in amphibolite-facies crystalline schists of Nanga Parbat, Northwest Himalayas. *Beitr. z. Miner. und Petr.* 10-p. 315-356.

OSBORNE C. D. (1932). — The metamorphosed limestones and associated contamined igneous rocks of Carlingford district, Loutb. *Geol. Mag.* 69, p. 209.

PERMINGEAT F. et TERMIER H. (1950). — Sur la présence de scheelite dans le Massif du Ticbka (Haut-Atlas, Maroc). *C.R.Acad.Sci.*, t. CCXXXI, p. 1155-1156 (novembre). Étude pétrographique et métallogénique (annexe de Bourg. P. : notes sur l'exploitation du gisement d'Azegour).

PERMINGEAT F. (1958). — Le gisement de molybdène, tungstène et cuivre d'Azegour (Maroc). Thèse, Paris. *Mém. Serv. Géol. Maroc* n° 141, 284, p. 35 pl. (Série A, n° 3120, n° d'ordre : 3992).

PHAN KIEU DUONG (1969). — Skarns et minéralisations associées. *Chron. Mines et Rech. min.* 359, p. 35-37.

PINET M., TERMIER H. et TERMIER G. (1975). — Présence d'alabandite (MnS) en association avec molybdénite, pyrite et pyrrbotite dans un niveau de parapyroxénite de la mine de Tamguerd n'Isli (Maroc). *C.R.Acad.Sci.* 281, p. 691-694.

POKORNY E. (1927). — Molybdon. *Monogr. u. Chem. Techn.* 40, Halle. 1933 — Enzyklopedie der Technischen Chemie. Urban et Schwarzenberg, Berlin, n° 24.

RAGUIN E. (1940). — Géologie des gîtes minéraux. p. 376-379.

RAGUIN E. et JACQMIN E. (1946). — Les gisements de molybdène de Cbateau-Lambert dans les Vosges. *Houille, Minerais, Pétrole* n° 2, p. 60-65.

RENAULT J. R. (1963). — Molybdenite paragenesis at tbe Lacorne Mine Québec — *Economic Geology* 58, p. 1340-1344.

ROSIER G. — 14 Janvier 1943. Rapport géologique et pétrographique sur les gisements d'Isk Imoula et d'Afadad (Région du Ticbka, Haut Atlas occidental (Inédit).

ROUTHIER P. (1963). — Les gisements métallifères. Masson éd. Paris.

ROUVEYROL P. (1971). — Note sur les gisements de wollastonite. *Chron. Mines et Rech. Min.* 359, p. 35-37.

RUNNICK V.A. (1961). — Développement des idées concernant la formation des skarns (en russe). *Mineral Sbornik*, 2, p. 82. (résumé par Sagatsky, BRGM).

SARCIA J. et J. A. et GEFFROY J. — 1955 — Le gisement de molybdénite d'Ekomediona (Cameroun). Cause et répartition de la radioactivité associée. *Sc. de la Terre Nancy*, 2, n° 3, p. 121-134.

SPURR J. P. (1900). — Classi6cation of igneous rocks according to composition. *Amer. Geol.*, XXV, 233.

SPURR J. P. (1900). — Reconnaissance in Southwestern Alaska in 1898. *U.S.G.S.*, 20 tb. *An-Kept.* Part. VIf, 189-90, 193, 209-10.

Source : MNHN, Paris

TERMIER H. et MATVEIEFF D. (1940). — Rapport sur les principaux gîtes de molybdène du Tichka (Haut Atlas occidental). Service des Mines du Maroc, 28 pages. inédit.

TERMIER H. et TERMIER G. (1964). — Les failles dans le Massif du Tichka (Haut Atlas marocain). *Revue de géogr. Physique et de géol. Dyn.* Vol. VI, fasc. 4, p. 279-290.

TERMIER G. et TERMIER H. (1971). — Le massif granito-dioritique du Tichka (Haut Atlas occidental. Maroc). *Mém. Serv. Géol. Maroc* nº 216 (3 cartes géol.).

TERMIER H. et TERMIER G. (1971). — Le bassin cambrien de Tisrouima (Haut Atlas, Maroc). *Geosl. Rundschau*, Bd 60, h. 2, p. 656-665.

TERMIER H. et G., LEUTWEIN F. et SONET J. (1972). — Sur l'âge varisque des plutonites du massif du Tichka (Maroc). *Bul. S. Fr. Minéral. Cristall.*, 95, p. 124-127.

TERMIER H. et TERMIER G. (1974). — Plissements superposés dans le massif du Tichka (Haut Atlas, Maroc). *C.R.Acad.Sci.*, 278, p. 2111-2114.

TURNER F. J. et VERHOOGEN J. (1951). — Igneous and metamorphic petrology. (Mc Graw-Hill Book Compagny).

TURNER F. J. (1968). — Metamorphic petrology Mineralogical and field aspects. (Mc Graw-Hill Book Compagny).

VANDERWILT J. W. (1942). — The occurrence and production of molybdenum. *Colorado Sch. of Mines Quarterl.* 37, nº 4.

VOGEL T. A. et WALKER B. M. (1975). — The Tichka Massif, Morocco — an example of contemporaneous acific and basic plutonium. *Lithos* 8, 1, p. 29-38.

WATTERS W. A. (1958). — Some zoned skarns from granite-marble contacts near Puyvalador, in tbe Quérigut area, Eastern Pyrénées, and their petrogenesis. *Min. Mag.* 29, p. 703.

WHITTEN E. H. T. (1951). — Cataclastic pegmatites and calc-silicates skarns near Bumberg, Co. Donegal. *Min. Mag.* 29, p. 737.

WINKLER H. G. F. (1965). — Petrogenesis of metamorphic rocks. (Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. New york).

Source : MNHN, Paris

IMPRIMERIE NATIONALE

6 564 0236 83

Source : MNHN, Paris

PLANCHES

Source : MNHN, Paris

PLANCHE 1

FIG. 1 : Remplacement de la pyrrhotite (P) par la chalcopyrite (C) particulièrement visible en haut à droite, à côté d'une plage de sphalérite (S). Figri, galerie 1, MT 32, LNR.

FIG. 2 : Arsénopyrite massive gris clair contenant des inclusions d'argentite (A) gris plus foncé. Figri, galerie 4, MP 117, immersion huile, LNR.

FIG. 3 : Amas de cristaux d'arsénopyrite gris clair entourant une plage d'argentite (A) gris plus foncé en voie de remplacement par l'argent natif très réfléchissant. Figri, galerie 4, MP 117, immersion huile, LNR.

FIG. 4 : Figri, galerie 6, MT 29.

a : détail du ciment de la brèche. Ce ciment est formé de plages de bornite maillée (B) remplacée par la chalcopyrite (C). Ces deux minéraux sont en cours d'altération en covellite (Co). LNR.

b : brèche à éléments de quartz (Q), en clair, entourés de plages discontinues de magnétite (M), gris moyen, et à ciment constitué de bornite, chalcopyrite, covellite et goethite donnant une structure réticulée, en noir. Macrophoto.

c : détail d'une plage automorphe de magnétite (M) remplacée par la bornite (B) et la chalcopyrite (C). Ce dernier minéral est largement altéré en covellite (Co) dans le reste de la section. LNR.

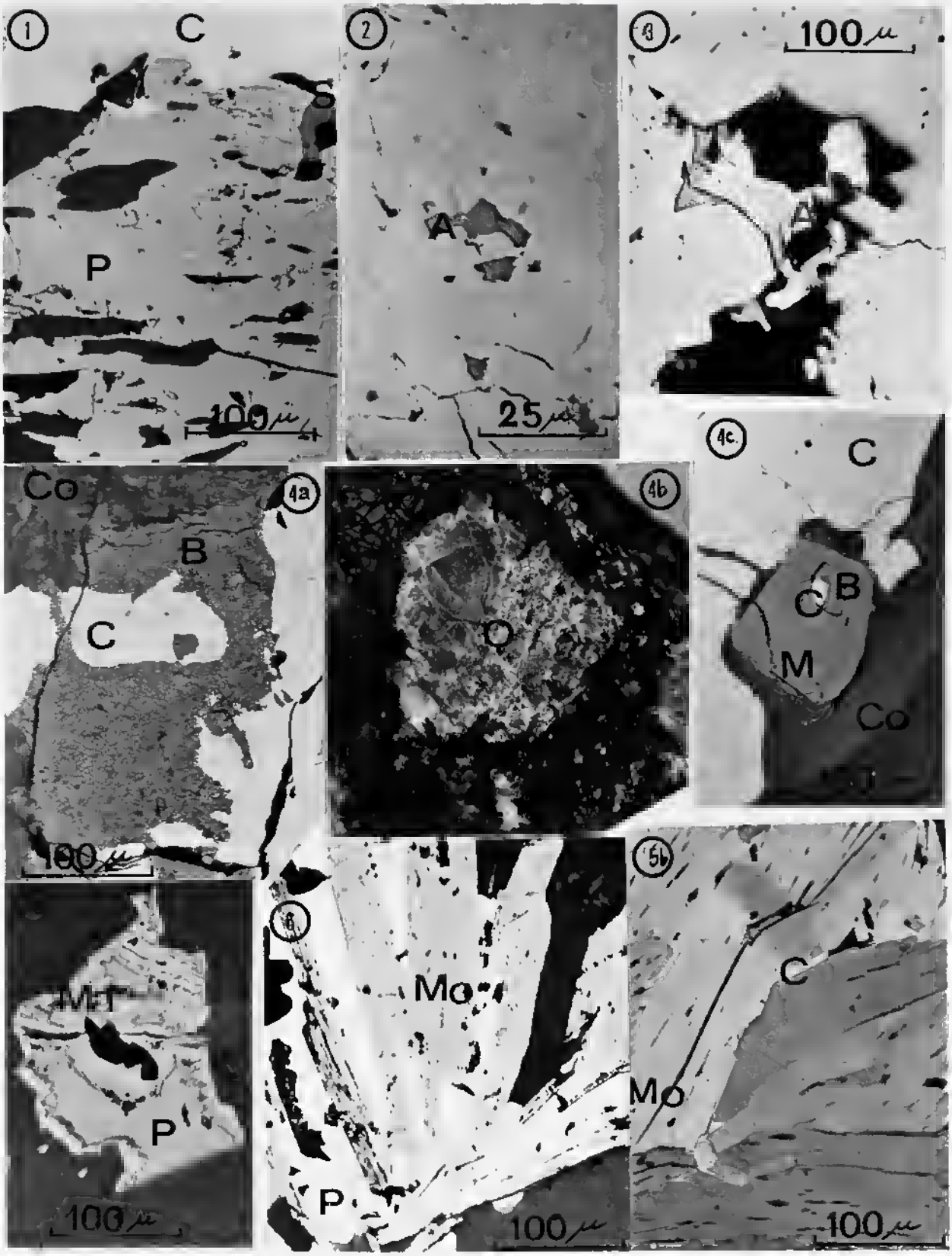
FIG. 5 : Figri, galerie 6, MT 17.

a : pyrrhotite (P) se transformant en marcasite (Ma). LNR.

b : molybdénite (Mo) possédant entre ses feuillets des filonnets de chalcopyrite (C). Figri, galerie 6, MT 17. LNR.

FIG. 6 : Association de molybdénite (Mo) et de pyrrhotite (P). Figri, galerie 6, MT 53. LNR.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

FIG. 7 : Remplacement de la pyrrhotite (P) plages sombres par la pyrite (PyII). Tamguert n'Isli, galerie 1, MT 44. LNR.

FIG. 8 : Pyrite primaire (PyI) remplacée par la pyrrhotite (P). Tamguert n'Isli, galerie 1, MT 44. LNR.

FIG. 9 : Pyrite squelettiforme dans un grès. Tamguert n'Isli, galerie 1, MT 44. LNR.

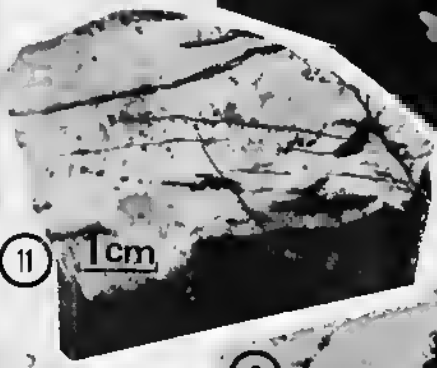
FIG. 10 : Deux exemples de cristaux d'alabandite (A) au contact de plages de molybdénite (Mo). Tamguert n'Isli, galerie 3, Chka 324 = Ti 10, immersion huile. LNR.

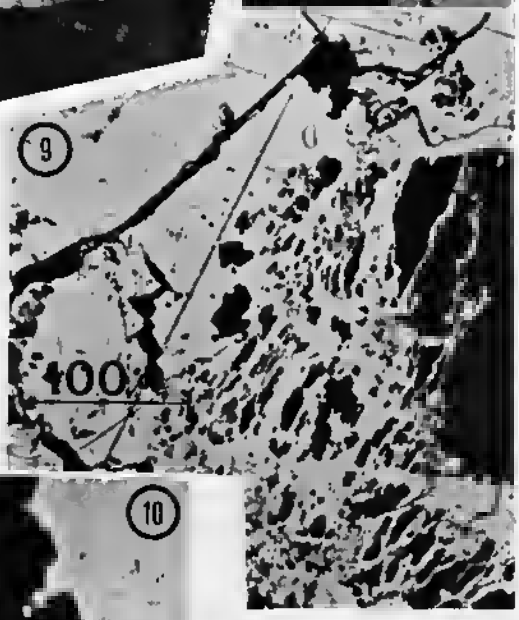
FIG. 11 : Grès (en sombre) imprégné de pyrrhotite et de pyrite, au contact d'un quartzite (clair) présentant des filonnets avec pyrrhotite, chalcopyrite, molybdénite. Tamguert n'Isli, galerie 4, banc n° 2, MP 101. Macrophoto.

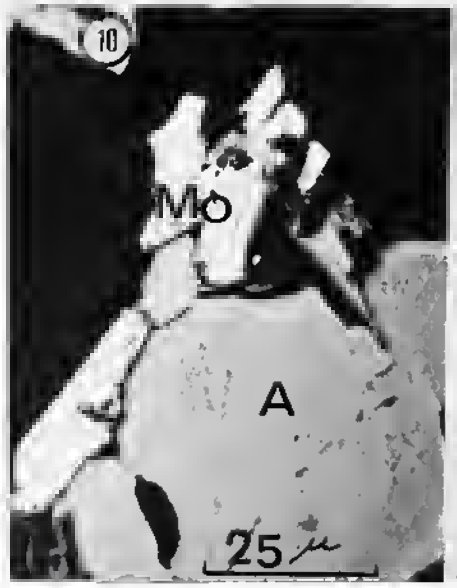
FIG. 12 : Aplite minéralisée en chalcopyrite et pyrrhotite (taches sombres), recoupée sur la droite du cliché par un filon de calcite possédant de beaux placages de molybdénite (d'aspect plus réfléchissant). Tamguert n'Isli, galerie 6, Ti 2725. Macrophoto.

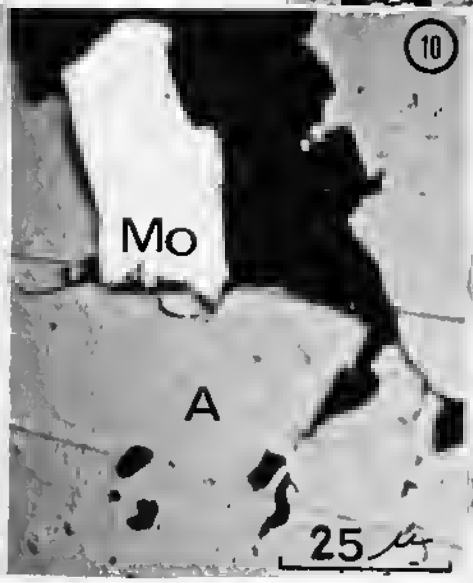
FIG. 13 : Molybdénite (aspect plus réfléchissant sur le cliché) en placages au contact d'une aplite. Tamguert n'Isli, galerie 7, MT 49. Macrophoto.

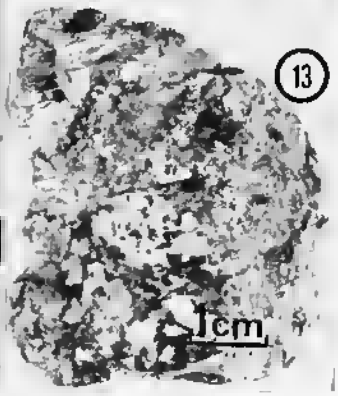
Source : MNHN, Paris











Source : MNHN, Paris

PLANCHE III

FIG. 14 : Hématite (H) formée aux dépens de la magnétite (M) dans un amas de cristaux lamellaires de molybdénite (Mo). Iskimoula, chantier 3, Chka 382. LNR.

FIG. 15 : Hématite (H) entre des cristaux lamellaires de molybdénite (Mo). Iskimoula, chantier 3, Chka 382. LNR.

FIG. 16 : Magnétite (M) martitisée et partiellement transformée en hématite (H). Iskimoula, chantier 4, MT 33. LNR.

FIG. 17 : Minéralisation d'une aplite en molybdénite (aspect plus réfléchissant). Iskimoula, chantier 8, MT 10. Macrophoto.

FIG. 18 : Minéralisation en molybdénite (aspect plus réfléchissant) d'une pegmatite. Iskimoula, au-dessus du point où le chemin coupe l'Irhzer Targouine. Macrophoto.

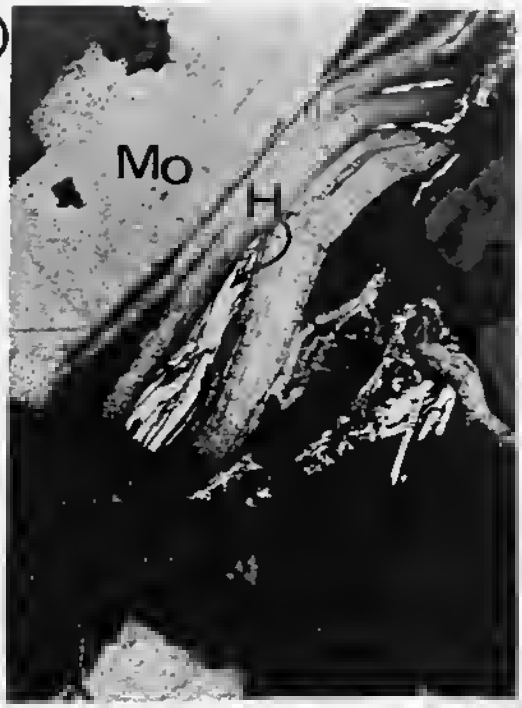
FIG. 19 : Remplacement de la bornite (B) par la covellite (Co). Adrar n'Takoucht. MP 32. LNR.

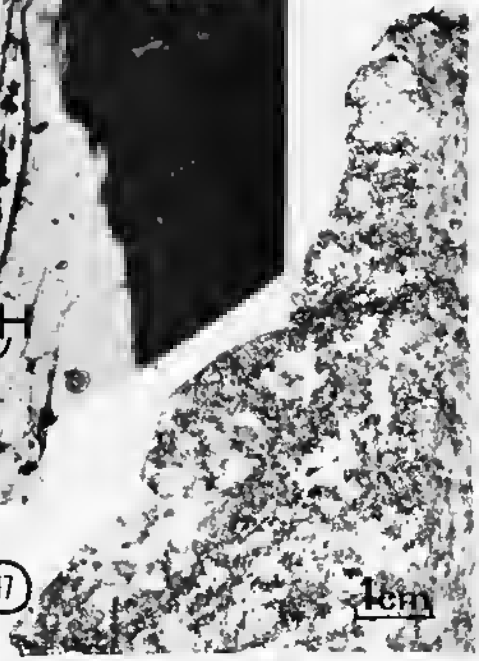
Source : MNHN, Paris

14

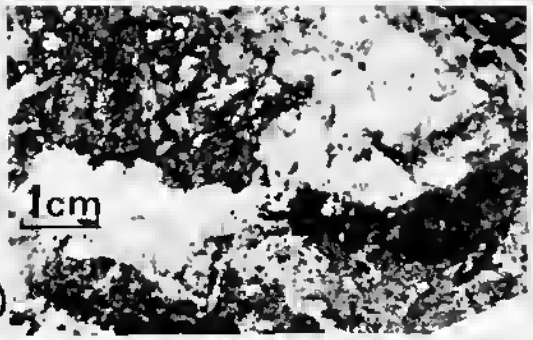
100 μ

15

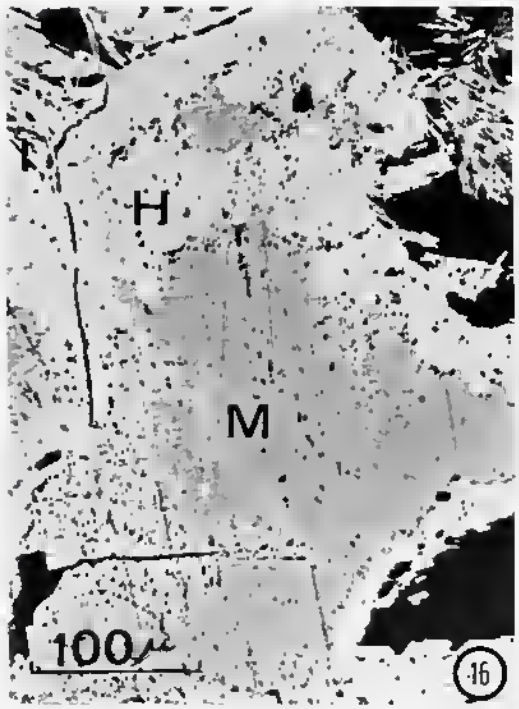




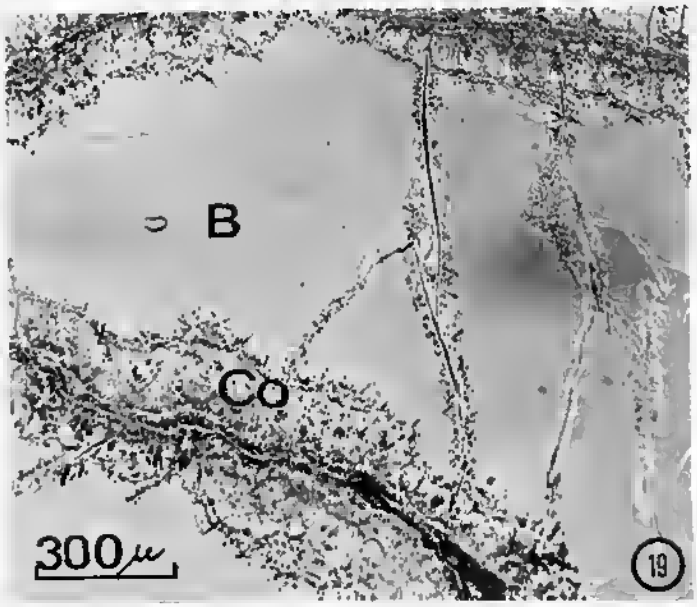
17



18



16



19

Source : MNHN, Paris

PLANCHE IV

FIG. 20 : Association de la molybdénite (Mo) en lamelles flexueuses avec la pyrite (Py) cellulaire. Ikissane, galerie 8, MP 40. LNR.

FIG. 21 : Pyrite cellulaire présentant des zones d'accroissement entourant une plage isolée de pyrrhotite (P) en voie de transformation en un mélange de pyrite et de marcasite. Ikissane, galerie 6, MP 40. LNR.

FIG. 22 : Lancettes de marcasite (Ma) et de pyrite (Py) dans la pyrrhotite (P) se trouvant au contact d'une plage de chalcopyrite (C). Ikissane, galerie 8 (stock), MP 41. LNR.

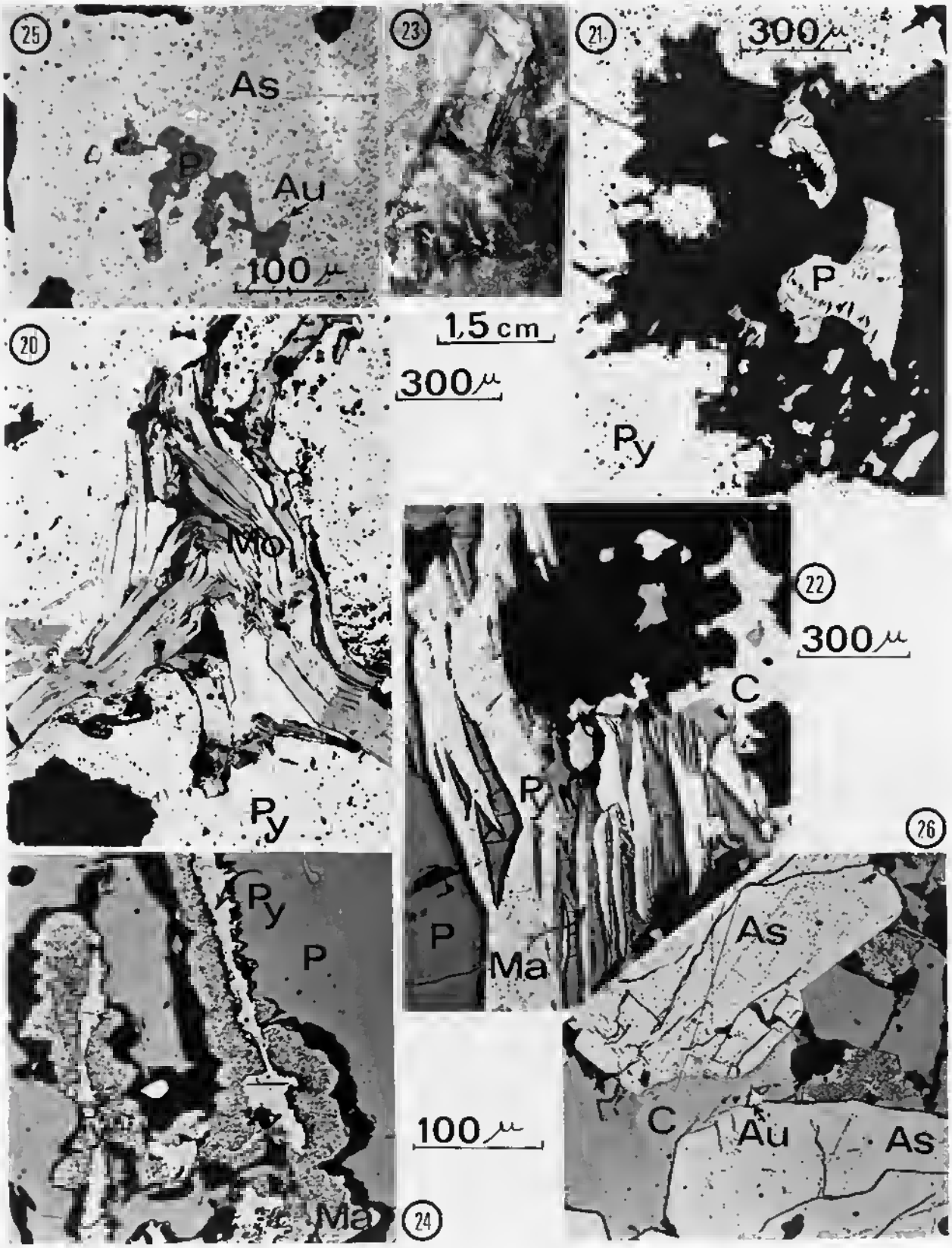
FIG. 23 : Lames d'hématite (en foncé) dans un filon de calcite. Agadir n'Maïne, MP 43. Macrophoto.

FIG. 24 : Transformation de la pyrrhotite (P) en marcasite (Ma) et passage à la pyrite (Py). Agourzi et Kouilal, MT 76. LNR.

FIG. 25 : Or natif (Au) à la limite d'une plage de pyrrhotite (P) (gris foncé) incluse dans un cristal d'arsénopyrite (As). Agourzi et Kouilal, MT 76. LNR.

FIG. 26 : Or natif (Au) en bordure d'une plage de chalcopyrite (C) comprise entre deux cristaux automorphes d'arsénopyrite (As). Agourzi et Kouilal, MT 76. LNR.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE V

FIG. 27 : Molybdénite (lamelles flexueuses) dans le minerai d'Agounsi ou Asif. MP 34. LNR.

FIG. 28 : Association de chalcopyrite (C) et de tennantite (T) au contact de cristaux automorphes d'arsénopyrite (As) correspondant aux petits cristaux plus réfléchissants. Tizi n'Izraken, MT 24. LNR.

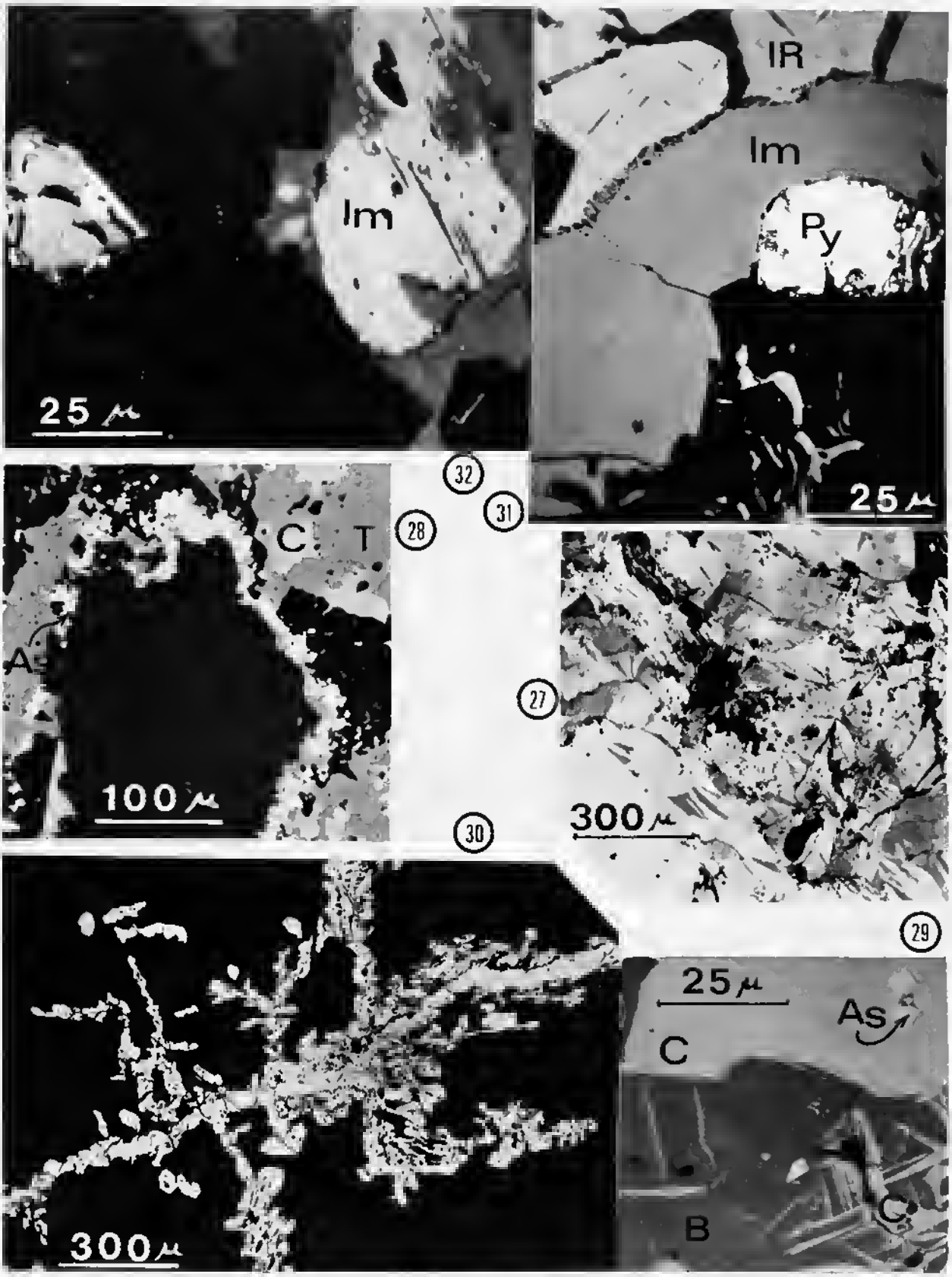
FIG. 29 : Flamèches de chalcopyrite (C) dans la bornite (B). Présence de deux cristaux automorphes d'arsénopyrite (As) dans la chalcopyrite. Tizi n'Izraken, MT 24. LNR.

FIG. 30 : Dendrites de pyrite dans un calcaire. Tamayoust, MT 30. LNR.

FIG. 31 : Cristal automorphe de pyrite (Py) partiellement entouré d'ilménite (Im) au contact de l'ilménorutile (IR). Diorite de Dj. Iskimoula, MP 136, immersion dans l'huile. LNR.

FIG. 32 : A gauche, de l'ilménite en cours de transformation en rutile montre de la pyrite d'immigration (plages plus réfléchissantes sur les bords du cristal). A droite, un grand cristal d'ilménite (Im) est sillonné par des lamelles d'hématite d'exsolution. Do Oudreg, Ti 3063, immersion dans l'huile. LNR.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

IMPRIMERIE NATIONALE

6 564 023 6 83

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

24 JUIN 1977

ÉDITIONS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

En vente à la Bibliothèque centrale du Muséum,
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, Paris (5e)
C.C.P. : Paris 9062-62

Annuaire du Muséum national d'Histoire naturelle (paraît depuis 1939).

Archives du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1802. In-4°, sans périodicité).

Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1895 ; 6 numéros par an).

Grands naturalistes français (depuis 1952. Sans périodicité).

Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1936. Depuis 1950, nouvelle série en 3 (puis 4) parties : A. Zoologie ; B. Botanique ; C. Sciences de la terre ; D. Sciences physico-chimiques. Sans périodicité).

Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient (depuis 1933. In-4°, sans périodicité).

Publications du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1933. Sans périodicité).

PUBLICATIONS DES LABORATOIRES DU MUSÉUM

En vente à l'adresse de chaque laboratoire

Bulletin du Laboratoire maritime de Dinard (Ille-et-Vilaine). Depuis 1928.

Objets et Mondes. La revue du Musée de l'Homme. Directeur : M. J .Millot, Palais de Chaillot, 75116 Paris ; depuis 1961 ; trimestriel.

Mammalia. Morphologie, Biologie, Systématique des Mammifères. Directeur : M. J. Dorst, Laboratoire de Zoologie des Mammifères, 55, rue Buffon, 75005 Paris ; depuis 1936 ; trimestriel.

Index Seminum Horti parisiensis. Service des Cultures, 61, rue Buffon, 75005 Paris ; depuis 1882 ; échange.

Journal d'Agriculture tropicale et de Botaniqus appliquée, suite de *Revue internationale de Botanique appliquée et d'Agriculture coloniale*, depuis 1954. Laboratoire d'ethnobotanique, 57, rue Cuvier, 75005 Paris.

Adansonia (suite aux *Notulae Systematicae*). Directeur : M. A. Aubréville, Laboratoire de Phanérogamie, 16, rue Buffon, 75005 Paris ; sans périodicité.

Revue Algologique. Directeur : M. R. Lami, Laboratoire de Cryptogamie, 12, rue Buffon, 75005 Paris ; depuis 1924.

Revue Bryologique et Lichénologique. Directeur : Mme V. Allorge, Laboratoire de Cryptogamie ; depuis 1874.

Revue de Mycologie. Directeur : M. Roger Heim, Laboratoire de Cryptogamie ; depuis 1928.

Cahiers de La Maboké. Directeur : M. Roger Heim, Laboratoire de Cryptogamie, 12, rue Buffon, 75005 Paris ; depuis 1963.

Pollen et Spores. Directeur : Mme Van Campo, Laboratoire de Palynologie, 61, rue Buffon, 75005 Paris ; depuis 1959 ; semestriel.

Source : MNHN, Paris